

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV METROLOGIE A ZKUŠEBNICTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF METROLOGY AND QUALITY ASSURANCE TESTING

APLIKACE SPC METODY DO VÝROBNÍHO PROCESU

APPLICATION OF SPC METHOD TO OPERATION CONDITION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. PETR KOPL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALOIS FIALA, CSc.

BRNO 2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav metrologie a zkušebnictví
Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Kopl Petr, Ing.

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Řízení jakosti (3911T023)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

APLIKACE SPC METODY DO VÝROBNÍHO PROCESU

v anglickém jazyce:

APPLICATION SPC METHOD TO OPERATION CONDITIONS

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Definování cílů práce.
2. Analýza problému a literární rešerše.
3. Návrh řešení.
4. Ověření návrhu.
5. Diskuse výsledků.
6. Závěry a doporučení.

Cíle diplomové práce:

Analýza procesu a určení vhodných indikátorů výkonnosti.
Návrh použitelných nástrojů.
Ověření efektivity.

Seznam odborné literatury:

ČSN ISO 8258:1994 Shewhartovy regulační diagramy

Statistická regulace procesů (SPC), 2. vydání 2005 Česká společnost pro jakost, Praha, 2006
(české vydání)

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Alois Fiala, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Brně, dne 30.11.2007

L.S.

Doc. Ing. Leoš Bumbálek, Ph.D.
Ředitel ústavu

Doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ANOTACE

Ing. Petr Kopl

Aplikace SPC metody do výrobního procesu

Diplomová práce, Ústav metrologie a zkušebnictví, VUT v Brně FSI

Principy systému SPC. Rozptylové vlivy ovlivňující výrobní proces. Aplikace SPC do výrobního procesu. Návrh metodiky SPC pro výrobní linku vřeten. Ověření metody SPC v provozních podmínkách. Zpracování a interpretace regulačních karet. Souhrn výsledků a navrhovaná opatření.

Klíčová slova: Statistická regulace procesu, regulační diagram, střední hodnota rozpětí, střední hodnota procesu, meze zásahu.

ANNOTATION

Ing. Petr Kopl

Application SPC method to operation conditions

Diploma dissertation, Institute of metrology and quality assurance testing, Brno University of technology Faculty of mechanical engineering

Principles of system SPC. Spreading effects influencing the production process. Application of SPC to operation conditions. Proposal of SPC methodics for a spindle production line. Testing SPC methodics in operative conditions. Processing and interpretation of regulation cards. Total of results and suggestioning measure.

Key words: Statistic regulation of the process, regulation diagram, average value of the range, average value of the process, limit of interference.

BIBLIOGRAFICKÉ CITACE DLE ISO 690

KOPL, P. *APLIKACE SPC METODY DO VÝROBNÍHO PROCESU*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 74 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Alois Fiala, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Aplikace SPC metody do výrobního procesu* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

.....

Podpis diplomanta

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Doc. Ing. Aloisi Fialovi, CSc. za jeho cenné připomínky a rady. Dále bych chtěl poděkovat zaměstnancům firmy Jihomoravská armaturka spol. s r. o. za poskytnutí informací pro zpracování tohoto diplomového úkolu.

OBSAH

Titulní list

Zadání diplomové práce

Anotace	3
Bibliografická citace dle ISO 690	4
Prohlášení	5
Poděkování	6
Obsah	7
Úvod	9
1. Statistická regulace procesu	11
1.1 Prevence versus detekce	11
1.2 Systém regulace procesu	11
1.3 Kolísání: náhodné a zvláštní příčiny	12
1.4 Lokální opatření a opatření v systému	14
1.5 Regulace procesu a způsobilost procesu	15
2. Regulační diagramy	21
2.1 Regulační diagramy: nástroje pro regulaci procesu	21
2.2 Efektivní využívání a přínosy regulačních diagramů	23
2.3 Regulační diagramy při kontrole měření	24
2.4 Prvky regulačních diagramů	24
2.5 Procesy řízené regulačními diagramy	28
2.5.1 Mechanismus regulačních diagramů	29
2.5.2 Stanovení regulačních mezí	31
2.5.3 Interpretace statistické regulace	31
2.6 Určení signálů statisticky nezvládnutého procesu	33
2.6.1 Bod mimo regulační meze	33
2.6.2 Nenáhodná seskupení nebo trendy uvnitř regulačních mezí	33
2.6.3 Speciální kriteria pro zvláštní příčiny	34
2.7 Vzorce pro regulační diagramy	35
2.8 Testování stability procesu, předpoklad aplikace regulačních diagramů	37
3. Současný stav kontroly vřeten v JMA	38
3.1 Linka na výrobu vřeten	38
3.2 Kontrola vřeten na pracovišti SP 12 CNC	40
4. Návrh metodiky SPC	41
4.1 Volba představitele vyráběných vřeten	41
4.1.1 Výpis z technologického postupu pro vřeteno	43
4.1.2 Stávající měřicí zařízení	44
4.1.3 Návrh měřicího a monitorovacího zařízení	44
4.2 Výběr stupně regulace	44
4.2.1 Výběr typu regulačního diagramu	45
4.2.2 Vedení regulačního diagramu (\bar{X} , R)	45
5. Implementace metody SPC do výrobního procesu	46
5.1 Specifikace podmínek procesu	46
5.2 Výpočet hodnot pro první regulační diagram – 1. Implementace	46
5.3 Výpočet hodnot pro druhý regulační diagram – 2. Implementace	53
5.4 Zhodnocení regulačních diagramů	57
6. Ekonomické hodnocení	58
7. Závěr	59
Seznam použitých zdrojů	60

Seznam použitých zkratek a symbolů	61
Seznam příloh	62

ÚVOD

Uspěch v dnešním ekonomickém klimatu vyžaduje, aby se všichni výrobci, dodavatelé a prodejní organizace věnovali neustálému zlepšování. Stále se musí hledat účinnější způsoby pro produkci výrobků a služeb. Výrobky a služby musí pokračovat ve zvyšování svých hodnot. Producenti se musí neustále soustředit na zákazníky, jak tuzemské, tak zahraniční, a za prvořadý obchodní cíl je nutno považovat uspokojení zákazníka. Ke splnění tohoto cíle se všichni v organizacích musí soustředit na zlepšování a využívání účinnějších metod.

Přijme-li se názor, že podnik, který chce obstát v konkurenci, musí trvale usilovat o zvyšování jakosti při současném snižování nákladů, pak se přirozeně vyskytuje otázka, jak má být těchto cílů dosaženo. Konkrétně, v jaké fázi výrobního procesu a jakými prostředky. Existují nějaké univerzální metody umožňující dosažení uvedených cílů?

Jádrem tradičního způsobu zabezpečování jakosti je kontrola jakosti výstupů z procesu a vytřídění jednotek, které nesplňují specifikace. Tato strategie zabezpečování jakosti je neekonomická, neboť jde o formu kontroly „ex post“, kdy zdroje potřebné k vytvoření požadovaného produktu již byly vynaloženy a v případě produktu nesplňujícího požadavky byly vynaloženy zbytečně. Moderní přístupy zabezpečování jakosti jsou postaveny na předcházení zbytečnému vynakládání zdrojů. Tato prevence může být zajišťována cestou neustálého získávání informací o chování procesu a jejich analýzou s cílem působit na proces tak, aby výstupy měly požadované vlastnosti a funkce.

Statistická regulace procesu (Statistical Process Control, zkráceně SPC) představuje preventivní nástroj řízení jakosti, neboť na základě včasného odhalování významných odchylek v procesu od předem stanovené úrovně umožňuje realizovat zásahy do procesu s cílem udržovat jej dlouhodobě na přípustné a stabilní úrovni, popřípadě umožnit proces zlepšovat.

Tato práce se zabývá aplikací SPC metody do výrobního procesu. Je zpracována pro Jihomoravskou armaturku spol. s r. o. Studie je konkrétně zaměřena na proces výroby vřeten vodárenských armatur. Práce je orientována na jednoho typického představitele vřeten – vřeteno uzavíracího přírubového šoupátka EKO – Plus PN 16; DN 40. Teoretická část studie se zabývá oblastí statistické regulace procesů. Jsou v ní uvedeny základní přístupy a postupy pro aplikaci metodiky SPC. Praktický úsek zahrnuje popis současného stavu provádění kontroly jakosti vřeten a návržení metody SPC. Pro ověření SPC jsou do provozních podmínek implementovány Shewhartovy regulační diagramy. Na základě vyhodnocených diagramů jsou učiněny závěry a doporučení.

Základní informace o Jihomoravské armaturce spol. s r. o.

Společnost Jihomoravská armaturka je výrobce důležitých prvků v infrastruktuře zásobování vodou. Patří ke špičce ve svém oboru.

JMA má více jak stodvacetiletou tradici výroby. Podnik byl založen roku 1881 panem Karlem Kudrnou pod názvem „Slévárna a strojírna Karla Kudrny“. Současný název vznikl v roce 1950. Po roce 1990 byl hledán partner pro privatizaci. Výsledkem byla rámcová privatizace podniku do několika společností a jejich následný vstup v roce 1996 do významné německé akciové společnosti Bopp a Reuther AG Mannheim. V roce 2002 čeští spolumajitelé odcházejí. Německá společnost VAG-Armaturen GmbH se slučuje s Bopp a Reuther AG do VAG Armaturen GmbH. Současně je do VAG Armaturen GmbH jako dceřinný podnik začleněna i JMA.

Armatury pro vodovodní řady se staly pro JMA v posledních letech hlavním předmětem podnikání. Výsledkem jsou výrobky, které se opírají o dlouholeté zkušenosti, mají

vysokou životnost a spolehlivost. Nabídka JMA obsahuje více jak sto typů výrobků. Po 125 letech na základech kdysi malého podniku stojí největší český výrobce vodárenských armatur. JMA disponuje nejmodernější slévárnou šedé a tvárné litiny v České republice, pokrokovou technologií pro opracování dílců. Zvládá rovněž technologii povrchových úprav těžké protikorozní úpravy podle GSK.

Posledních patnáct let směřuje tato firma mílovými kroky mezi renomované evropské výrobce armatur.

1. STATISTICKÁ REGULACE PROCESU (1,2,3,4)

Podstata statistické kontroly kvality tkví v tom, že se parametry zkoumaného souboru výrobků posuzují podle výběrových charakteristik, stanovených z určitého výběru tohoto souboru. Statistická regulace je uplatnění statistické kontroly kvality v operační kontrole, přičemž její zjištění slouží jako informace pro řízení výrobního procesu.

1.1 Prevence versus detekce

V minulosti vytvoření prodejného výrobku záviselo na výrobě, aby takový výrobek zhotovila, a na účinném řízení jakosti, aby tento výrobek byl zkontrolován a byly vyřazeny ty výrobky, které neodpovídaly specifikacím. Příklad zahrnuje strategii detekce, která je nevhodná, protože umožňuje, aby čas a materiál byly vynaloženy na produkci takových výrobků, které nejsou vždy použitelné. Daleko účinnější je zmetkovitosti předcházet tím, že na prvním místě se nebude produkovat nepoužitelný výstup – strategie prevence.

1.2 Systém regulace procesu

Systém regulace procesu lze popsat jako zpětnovazební systém. SPC je jeden takový typ systému se zpětnou vazbou.

Proces

Procesem je míněná úplná kombinace dodavatelů, výrobců, lidí, zařízení, vstupního materiálu, metod a prostředí, tedy všech prvků, které se dohromady podílejí na výstupu z procesu, a dále zákazníků, kteří výstup užívají (viz. obrázek 1.1). Celkový výkon procesu závisí na komunikaci mezi dodavatelem a zákazníkem, na způsobu, jakým je proces navržen a implementován, a dále na tom, jak funguje a jak je řízen. Systém regulace procesu je užitečný pouze tehdy, jestliže přispívá k udržení dokonalé úrovně procesu anebo ke zlepšení celkové výkonnosti procesu.

Informace o výkonu

Mnoho informací o skutečné výkonnosti procesu může být získáno studiem výstupů procesu. Nejužitečnější informace o výkonnosti procesu však pramení z dokonalé znalosti vlastního procesu a jeho vnitřní variability. Charakteristiky procesu (jako je teplota, doba cyklu, počet přerušení,...) by měly být krajním bodem vyvíjeného úsilí. Musí se určit cílové hodnoty pro ty znaky, které přispívají k co nejproduktivnějšímu chodu procesu, a pak monitorovat, jak blízko nebo daleko se nachází od těchto cílových hodnot. Získá-li se taková informace a správně se interpretuje, může se ukázat, zda proces pracuje obvyklým nebo neobvyklým způsobem. Je-li třeba, pak je možno vlastní činnosti zaměřit na korekci procesu nebo na právě vyrobený výstup. Je-li třeba určitého opatření, musí být včasné a přiměřené, jinak je efekt ze získané informace promrhán.

Opatření v procesu

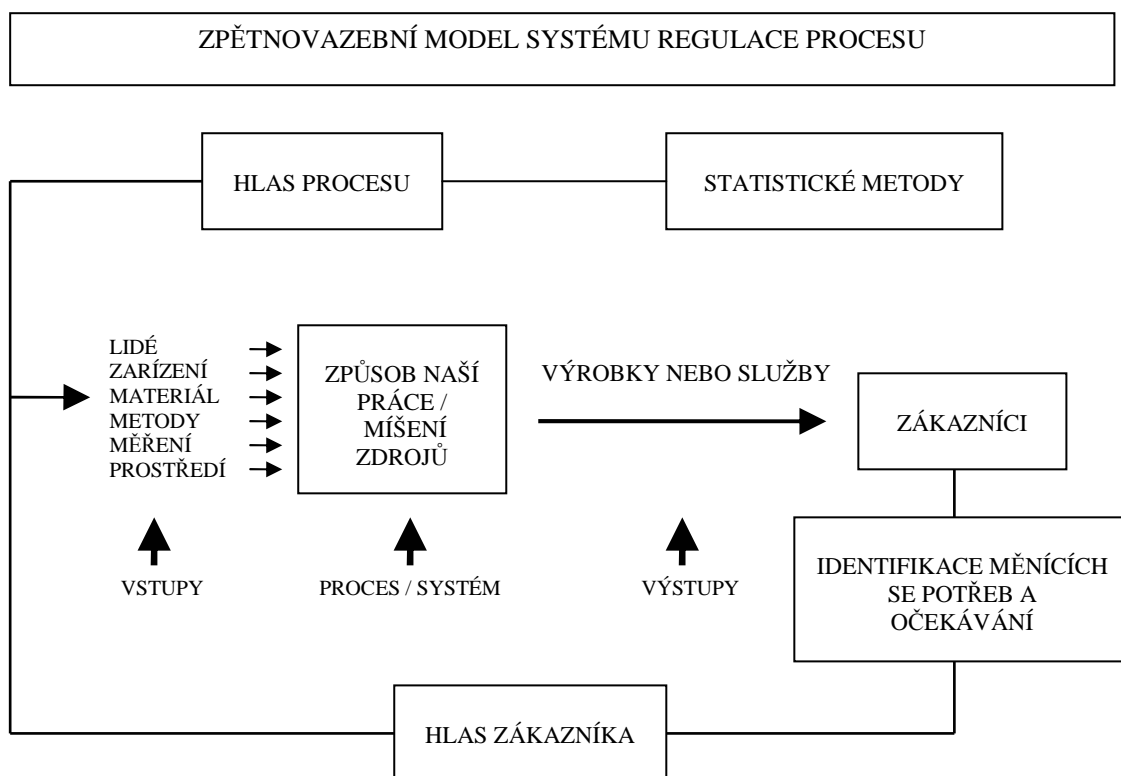
Opatření v procesu je často nejvhodnější, je-li orientováno tak, aby působilo preventivně a zabránilo důležitým znakům (procesu nebo výstupu) jejich příliš velkému kolísání a odchylování se od požadovaných cílových hodnot. To zaručí stabilitu procesu a kolísání výstupu procesu se udrží v přijatelných mezích. Mezi takové zásahy patří:

- Změny v operacích – např. výcvik operátora, změny ve vstupním materiálu.
- Změny v základních prvcích samotného procesu – např. zařízení, komunikace lidí a jejich vztahy, návrh procesu jako celku.

Pokud je to nutné, mají být dopady opatření monitorovány spolu s další analýzou a provedeným opatřením.

Opatření na výstupu

Opatření na výstupu procesu je obvykle nejméně ekonomické, jestliže se omezí pouze na detekci a opravu výrobku, který nesplňuje specifikace, bez řešení příslušného problému v procesu. Bohužel pokud výstup z procesu nesplňuje požadavky zákazníka, je nutné třídit všechny výrobky a každý neshodný buď „vyzmetkovat“ nebo opravit. V této činnosti se musí pokračovat tak dlouho, dokud nebylo v procesu uskutečněno opatření k nápravě a prověřena jeho účinnost. Opatření pouze na výstupu by měla být použita striktně jen jako dočasné opatření v případě nestabilního nebo nezpůsobilého procesu.



Obrázek 1.1 Systém regulace procesu

1.3 Kolísání: náhodné a zvláštní příčiny

Žádné dva výrobky nebo dvě hodnoty procesu nejsou přesně stejné, protože na každý proces působí mnoho zdrojů kolísání. Rozdíly mezi výrobky mohou být velké nebo mohou být neměřitelně malé, ale vždy existují. Například průměr vyrobené hřídele by měl citlivě reagovat na případné kolísání způsobené strojem (vůle, opotřebení ložiska), nástrojem (pevnost, rychlost opotřebení), materiálem (průměr, tvrdost), údržbou (mazání) a prostředím (teplota, stálost napětí v síti) a systémem měření. Některé zdroje kolísání v procesu způsobují krátkodobé rozdíly od jednoho kusu ke druhému, např. mrtvý chod stroje, uložení stroje, upnutí součástí. Ostatní zdroje kolísání mají za příčinu změny na výstupu pouze v delším časovém intervalu. Tedy časová perioda a podmínky, za nichž jsou měření prováděna, jsou kritické, protože nepřímo ovlivňují velikost celkového kolísání, které je pozorováno.

Zatímco jednotlivé naměřené hodnoty se mohou všechny vzájemně lišit, jako celek mají snahu vytvářet určitý obrazec, který lze popsat jako rozdělení (viz. obrázek 2.1). Toto rozdělení může být charakterizováno:

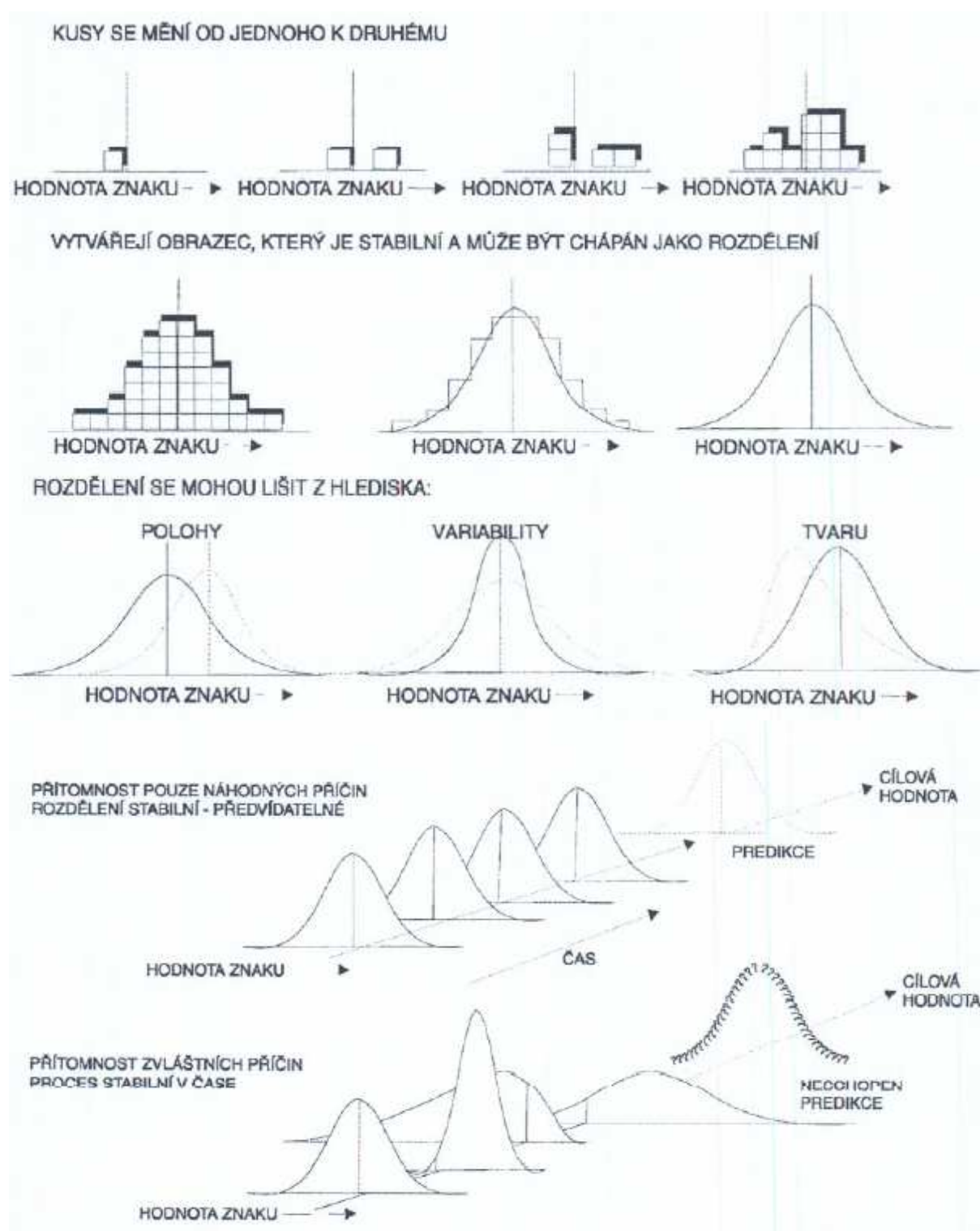
- parametrem polohy (obvykle střední hodnotou),
- parametrem rozptýlení (obvykle rozpětím, tedy rozdílem mezi největší a nejmenší hodnotou),
- parametrem tvaru (symetričnost nebo šikmost).

Z hlediska minimálních požadavků je problém kolísání často zjednodušován: součásti uvnitř tolerančního pole jsou přijatelné, součásti mimo toto pole jsou nepřijatelné. Nicméně, *cílem by mělo být zachovat polohu procesu v cílové hodnotě při minimální variabilitě.* Ke zvládnutí jakéhokoliv procesu a snížení kolísání, by se mělo toto kolísání vystopovat až k jeho zdrojům. Prvním krokem, který by se měl učinit, je odlišit náhodné a zvláštní příčiny kolísání.

Náhodné příčiny kolísání se vztahují k mnoha zdrojům kolísání, které trvale působí na proces. Výsledkem jejich působení je v čase stabilní a opakující se rozdělení pravděpodobnosti sledovaného znaku jakosti. Tento stav procesu se nazývá „statisticky zvládnutý stav procesu“, méně výstižně již „proces pod statistickou kontrolou“, nebo krátce „proces pod kontrolou“. Náhodné příčiny se chovají jako stabilní systém náhodných příčin. Jsou-li přítomny pouze náhodné příčiny a nemění se, je výstup z procesu predikovatelný.

Zvláštní příčiny (též *vymezitelné příčiny*) se vztahují ke každému z faktorů, který způsobuje kolísání ovlivňující pouze některé produkty z výstupů z procesu. Tyto příčiny působí obvykle přerušovaně a jsou nepredikovatelné. Přítomnost zvláštních příčin je signalizována jedním či několika body mimo regulační meze nebo nenáhodným seskupením bodů uvnitř regulačních mezí. Dokud nejsou všechny zvláštní příčiny kolísání identifikovány, mohou pokračovat v ovlivňování výstupu z procesu nepředvídatelnými způsoby. Pokud jsou tyto příčiny v procesu přítomny, je proces v čase nestabilní.

Změny v rozdělení znaku charakterizujícího proces způsobené zvláštními příčinami, mohou být buď škodlivé nebo prospěšné. Ty škodlivé je nutno identifikovat a odstranit. Ty prospěšné mají být také identifikovány a měly by se stát trvalou součástí procesu.



Obrázek 2.1 Kolísání: náhodné a zvláštní příčiny

1.4 Lokální opatření a opatření v systému

Existuje důležitá souvislost mezi typy zdrojů kolísání (kapitola 1.3) a typy opatření potřebnými pro snížení jejich kolísání.

Jednoduché metody statistické regulace mohou detekovat zvláštní příčiny kolísání. Odkrytí zvláštní příčiny kolísání a provedení patřičného opatření je obvykle v odpovědnosti

toho, kdo je v přímém kontaktu s operací. Ačkoliv management může být občas zapojen do nápravy podmínek, vyřešení takové příčiny kolísání obvykle vyžaduje lokální opatření, tj. účast lidí, kteří jsou přímo spojeni s výrobní operací.

Tytéž jednoduché statistické metody mohou také ukázat rozsah náhodných příčin kolísání, ale k izolaci těchto příčin je třeba podrobnější analýza. Náprava těchto nenáhodných příčin kolísání spadá obvykle do odpovědnosti managementu. Obecně platí, že řešení problémů spojených s náhodnými příčinami kolísání obvykle vyžaduje opatření v systému.

Pouze relativně malý podíl nadměrného kolísání procesu – zkušenost z průmyslu uvádí 15% – je řešitelná lokálním opatřením pracovníky přímo svázanými s výrobní operací. Převážná část – zbylých 85% – je zvládnutelná pouze opatřením managementu do systému.

1.5 Regulace procesu a způsobilost procesu

Proces je ve „statisticky zvládnutém stavu“, jsou-li jedinými zdroji kolísání procesu pouze náhodné příčiny. Jednou z funkcí systému regulace procesu je pak vydat statistický signál, jsou-li přítomny zvláštní příčiny kolísání, a vyvarovat se falešných signálů, když zvláštní příčiny přítomny nejsou. To umožňuje provedení odpovídajícího(cích) opatření vůči těmto zvláštním příčinám (buď je odstranit, nebo, jsou-li užitečné, učinit je trvalými).

Systém regulace procesu může být využit jako jednorázový prostředek pro vyhodnocení procesu. Jeho skutečný přínos se však stává hmatatelným teprve tehdy, když se stane trvalým poznávacím nástrojem místo nástroje pro posuzování shodnosti (rozlišení výrobků na dobré a špatné, charakterizování procesu na stabilní a nestabilní nebo na způsobilý a nezpůsobilý atd.).

Regulace procesu versus způsobilost

Jestliže se mluví o způsobilosti procesu, musí být uvažovány dva poněkud protikladné pojmy:

- způsobilost procesu a
- výkonnost procesu.

Způsobilost procesu je určena kolísáním, které je vyvoláno pouze náhodnými příčinami. To obecně představuje nejlepší výkon samotného procesu. Tento stav se projevuje, když proces pracuje ve statisticky zvládnutém stavu bez ohledu na požadavky specifikace.

Zákazníci, jak externí či interní, se však zaměřují spíše na **výkonnost procesu**, což je celkový výstup z procesu a jak tento proces koresponduje s jejich požadavky definovanými technickou specifikací bez ohledu na kolísání procesu.

Obecně proces ve statisticky zvládnutém stavu může být popsán predikovatelným rozdělením sledovaného znaku jakosti a podíl součástí splňující požadavky technické specifikace může být odhadnut z tohoto rozdělení. Pokud proces zůstává ve statisticky zvládnutém stavu a nedochází ke změně polohy, rozptýlení nebo tvaru, pokračuje takový proces ve vytváření stejného rozdělení součástí splňujících požadavky technické specifikace.

Jakmile je proces ve statisticky zvládnutém stavu, první akcí, která má být provedena, je nastavení polohy procesu na cílovou hodnotu. Pokud je rozptýlení procesu nepřijatelné, dovoluje tato strategie minimalizovat počet vyrobených součástí nesplňujících specifikaci. Opatření v systému (za účelem snížení kolísání vyvolaného pouze náhodnými příčinami) se vyžadují pro zlepšení schopnosti procesu (a jeho výstupu) dosáhnout souladu se specifikací.

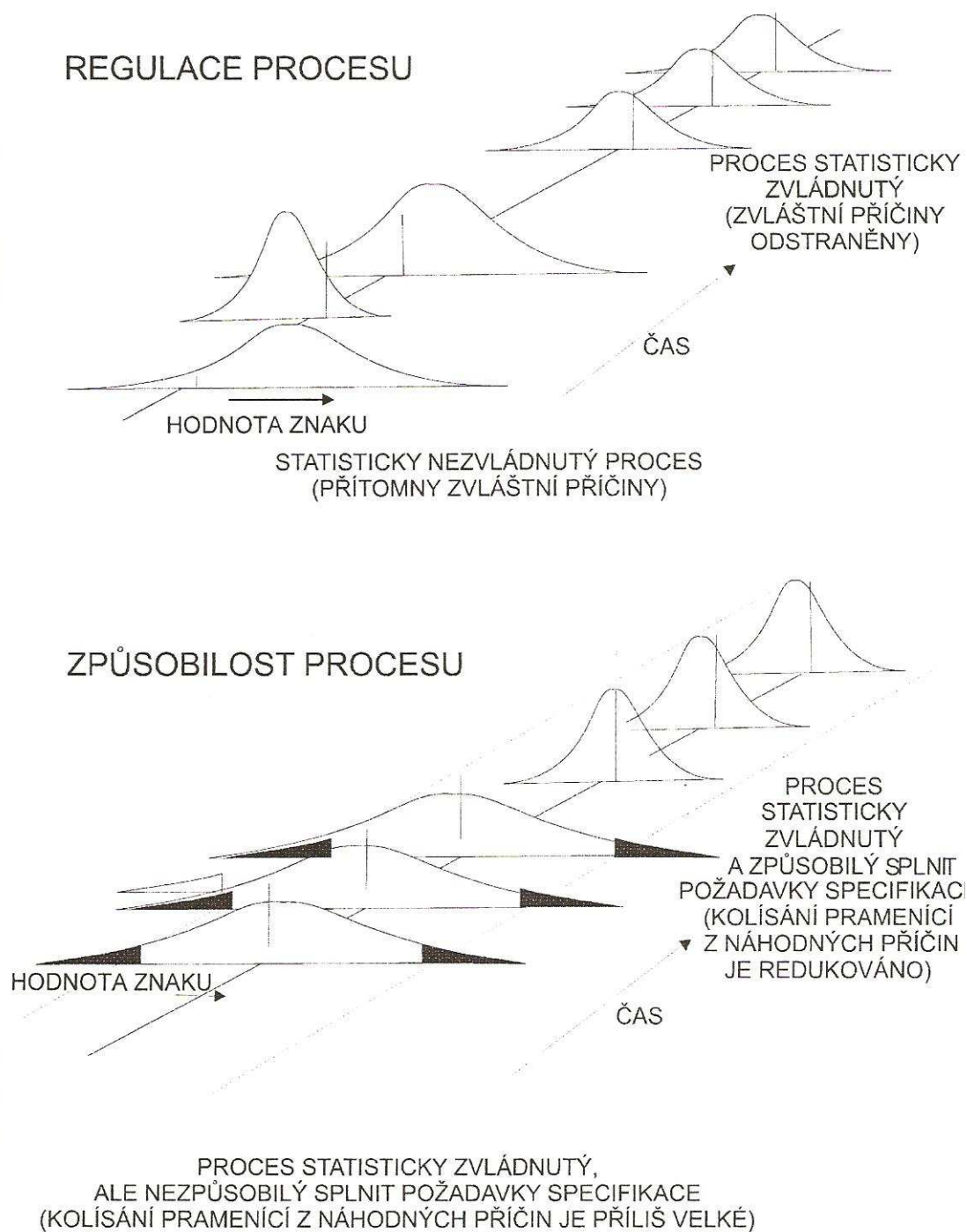
V první řadě proces musí být uveden do statisticky zvládnutého stavu tím, že jsou detekovány a posléze opatřeními eliminovány všechny zvláštní příčiny kolísání. Pak je výkonnost procesu predikovatelná a může být odhadnuta jeho způsobilost plnit požadavky zákazníka dané specifikací. To je základ pro neustálé zlepšování procesů.

Každý proces lze klasifikovat z hlediska jeho způsobilosti a stavu zvládnutí. Jakýkoliv proces je možno zařadit do jedné ze čtyř tříd, znázorněných v následující tabulce:

Tabulka 1.1 Způsobilost a stav zvládnutí procesu

	Statistická regulace		
		Stav statisticky zvládnutý	Stav statisticky nezvládnutý
Způsobilost	Přijatelná	<i>Případ 1</i>	<i>Případ 3</i>
	Nepřijatelná	<i>Případ 2</i>	<i>Případ 4</i>

Aby proces byl přijatelný, musí být ve statisticky zvládnutém stavu a jeho kolísání vyvolané náhodnými příčinami musí probíhat v užším poli než je toleranční pole dané specifikací. Ideální situace nastává v Případě 1, kdy proces je statisticky zvládnut a jeho schopnost plnit požadavky specifikace je přijatelná. V Případě 2 je sice proces statisticky zvládnutý, ale vykazuje příliš velké kolísání způsobené náhodnými příčinami, které musí být sníženo. Proces v Případě 3 sice splňuje požadavky dané technickou specifikací, ale proces není statisticky zvládnut; zvláštní příčiny je nutno identifikovat a odstranit. V Případě 4 proces není ani statisticky zvládnutý ani přijatelný z hlediska způsobilosti. Jak náhodné, tak zvláštní příčiny kolísání musí být sníženy.



Obrázek 3.1 Regulace procesu a způsobilost procesu

Ukazatelé procesu

Přijatá praxe je vypočítat způsobilost procesu pouze, když se prokázalo, že proces je ve statisticky zvládnutém stavu. Tyto výsledky jsou pak využity jako základ pro predikci, jaký bude výkon procesu. Je téměř bezcenné dělat predikce založené na datech, která byla získána z procesu, který není stabilně opakovatelný v čase. Zvláštní příčiny jsou zodpovědné za změny ve tvaru, rozptýlení nebo poloze rozdělení znaku charakterizujícího tento proces a tak mohou rychle zrušit platnost predikce způsobilosti procesu. Tedy k používání různých

ukazatelů a indexů procesu jako nástroje predikce jeho chování se vyžaduje, aby data použitá k výpočtu těchto charakteristik byla získána z procesů, které jsou ve statisticky zvládnutém stavu.

Výstup ze stabilního procesu lze popsat distribuční funkcí rozdělení pravděpodobnosti sledovaného znaku jakosti (ve statisticky zvládnutém stavu). Aby se toto rozdělení pravděpodobnosti dalo použít pro predikci budoucího stavu procesu, musí být proces stabilní. Rozdělení pravděpodobnosti je popsáno parametry, jejichž velikost lze odhadnout pomocí statistik vypočítaných z dat získaných z procesu.

Nejčastějšími parametry jsou odhady parametru polohy (těžiště) a rozptýlení v souladu s požadavky zákazníka. Běžně je poloha odhadována pomocí výběrového průměru nebo výběrového mediánu. Rozptýlení je nejčastěji odhadováno pomocí výběrového rozpětí nebo výběrové směrodatné odchylky.

Centrování procesu a jeho rozptýlení vzájemně ovlivňují výrobu přijatelného výrobku. Jestliže se rozdělení sledovaného znaku posouvá od středu, zmenšuje se prostor pro možné kolísání variability. Posun v poloze procesu, vzrůst rozptýlení procesu nebo kombinace těchto dvou faktorů může vést k produkci výrobků mimo mezní hodnoty dané technickými specifikacemi. Proces s takovým rozdělením by nemohl být klasifikován jako proces splňující potřeby zákazníka.

Mezi nejčastěji používané ukazatele a indexy patří C_p a C_{pk} , což jsou ukazatele respektující jak kolísání, tak polohu těžiště procesu a technické specifikace. Dále jsou to ukazatele výkonnosti procesu P_p a P_{pk} .

Míry procesu pro predikovatelné procesy - ukazatele

C_p C_p je ukazatel způsobilosti. Porovnává způsobilost procesu s maximálním možným kolísáním procesu daným tolerančním polem. Tento ukazatel vyjadřuje míru toho, jak dobře proces splňuje požadavek na variabilitu. Ukazatel C_p se zjistí pomocí vzorce:

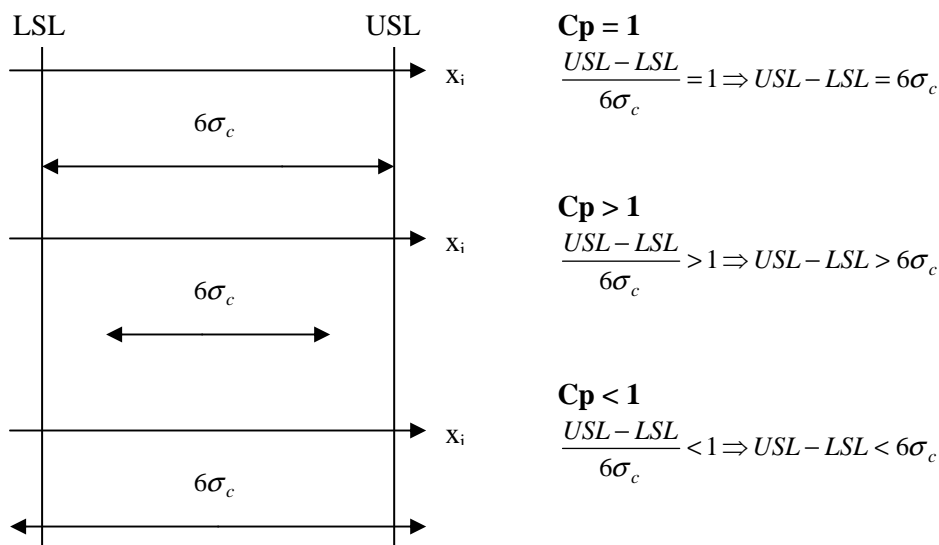
$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_c} = \frac{USL - LSL}{6\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)}, \quad (1.1)$$

kde USL – horní mezní rozměr, LSL – dolní mezní rozměr,

$\hat{\sigma}_c$ – odhad směrodatné odchylky pro X , d_2 - koeficient pro výpočet,

\bar{R} – průměrné rozpětí.

Ukazatel není ovlivňován polohou procesu. Lze jej počítat pouze v případě předpisu obou mezních hodnot.

Obrázek 4.1 Tři hodnoty C_p

Dobrou představu o významu různých C_p , znázorněných v obr. 4.1, dává také převrácená hodnota C_p , vyjádřená v procentech. Např. pro $C_p = 0,8$ je $100 (1/0,8) = 125$ což znamená, že toleranční interval je „využit“ na 125%, tedy výrazně překročen, zatímco pro $C_p = 1,2$ je $100 (1/1,2) = 83\%$.

C_{pk} C_{pk} je rovněž ukazatel způsobilosti procesu. Přihlíží i k poloze procesu. V případě předpisu oboustranných mezních hodnot je C_{pk} vždy nejvýše rovno C_p , tedy platí, že $C_p \geq C_{pk}$. Rovnost nastává pouze u centrovaného procesu. Ukazatel C_{pk} se získá jako menší hodnota z hodnot C_{PU} a C_{PL} , kde:

$$C_{PU} = \frac{USL - \bar{\bar{X}}}{3\sigma_c} = \frac{USL - \bar{\bar{X}}}{3\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)} \quad \text{a} \quad (1.2)$$

$$C_{PL} = \frac{\bar{\bar{X}} - LSL}{3\sigma_c} = \frac{\bar{\bar{X}} - LSL}{3\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)}, \quad (1.3)$$

kde $USL, LSL, \hat{\sigma}_c, d_2$ a \bar{R} – viz. výše, $\bar{\bar{X}}$ – celkový průměr.

Ukazatele C_{pk} a C_p se mají vyhodnocovat a analyzovat vždy současně. Hodnota ukazatele C_p větší nežli hodnota C_{pk} ukazuje příležitost ke zlepšení centrování procesu.

P_p P_p je ukazatel výkonnosti procesu. Porovnává výkon procesu s maximálním dovoleným kolísáním daným tolerančním polem. Tento ukazatel vyjadřuje míru toho, jak dobře proces splňuje požadavek na kolísání procesu. Ukazatel P_p se zjistí pomocí vzorce:

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_p} = \frac{USL - LSL}{6s}, \quad (1.4)$$

kde USL, LSL – viz. výše, s – výběrová směrodatná odchylka,
 σ_p – celkové kolísání,

$$\sigma_p \approx s = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}. \quad (1.5)$$

Hodnota P_p není ovlivněna polohou procesu.

P_{pk} P_{pk} je rovněž ukazatel výkonnosti procesu. Přihlíží i k poloze procesu. V případě předpisu oboustranných mezních hodnot je P_{pk} nejvýše rovno P_p , tedy platí, že $P_p \geq P_{pk}$. P_{pk} se získá jako menší hodnota z hodnot PPU a PPL , kde:

$$PPU = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma_p} = \frac{USL - \bar{X}}{3s} \quad \text{a} \quad (1.6)$$

$$PPL = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma_p} = \frac{\bar{X} - LSL}{3s} \quad (1.7)$$

kde $USL, LSL, \sigma_p, s, \bar{X}$ – viz výše.

Ukazatele P_p a P_{pk} se mají vyhodnocovat a analyzovat současně. Větší hodnota ukazatele P_p než je hodnota ukazatele P_{pk} ukazuje příležitost ke zlepšení centrování procesu.

Pro statisticky zvládnutý proces je hodnota způsobilosti procesu velmi blízká hodnotě jeho výkonnosti. Velký rozdíl mezi ukazateli C a P ukazuje přítomnost zvláštní(ch) příčiny(příčin).

2. REGULAČNÍ DIAGRAMY (1,2)

Regulační diagramy lze použít k monitorování nebo vyhodnocování procesu. V podstatě jsou dva typy regulačních diagramů. Jedny pro kvantitativní data, druhé pro kvalitativní data. Proces obvykle sám určuje, který typ regulačního diagramu je vhodné použít. Jestliže data z procesu mají diskrétní charakter, pak se mají použít regulační diagramy pro kvalitativní znaky (kontrola srovnáváním). Jestliže data mají spojitý charakter, pak je třeba použít regulační diagram pro kvantitativní data (kontrola měřením).

Jedny z nejčastěji používaných regulačních diagramů jsou diagramy pro průměr (\bar{X}) a rozpětí (R), pro individuální hodnoty (I) a klouzavé rozpětí (MR) atd., které patří do rodiny regulačních diagramů při kontrole měřením. Diagramy založené na počítání neshodných kusů nebo neshod na kusech (p , np , c , u -diagramy) patří do rodiny diagramů při kontrole srovnáváním.

2.1 Regulační diagramy: nástroje při regulaci procesu

Pro účinné zvládnutí kolísání v průběhu výroby musí existovat účinné prostředky pro detekci zvláštních příčin.

Statistické a pravděpodobnostní metody pro data, která jsou závislá na čase, poskytují nutné a postačující metody pro určení, zdali jsou přítomny zvláštní příčiny. Ačkoliv pro řešení tohoto úkolu jsou užitečné různé metody, univerzální a robustní je třída regulačních diagramů, která byla vyvinuta a i zaváděna poprvé ve dvacátých letech minulého století Walterem Shewhartem z Bell Laboratoriem při studiu dat. Jako první odlišil regulované kolísání od neregulovaného, tedy kolísání vyvolané pouze náhodnými příčinami od kolísání vyvolaného zvláštními příčinami. Dále vyvinul jednoduchý, ale účinný nástroj pro detekci těchto dvou typů příčin, a to regulační diagram. Regulační diagramy jsou orientovány přímo efektivně na zvláštní příčiny kolísání, pokud se objevují, a odrážejí rozsah kolísání vyvolaný pouze náhodnými příčinami, které musí být redukovány systémem nebo procesem zlepšováním.

Výše popsané chyby je nemožné redukovat až na nulu. Shewhart si to uvědomoval a navrhl grafický přístup pro dlouhodobou minimalizaci ekonomických ztrát vyvolaných oběma druhy výše zmíněných chyb.

Jestliže činnosti spojené s regulací procesu zajistí, že nejsou přítomny žádné zdroje zvláštních příčin, o procesu říkáme, že je pod statistickou kontrolou nebo ve statisticky zvládnutém stavu. Takové procesy se chovají jako stabilní, jsou predikovatelné a konsistentní, poněvadž je možno předikovat výkonnost procesu.

Reálná přítomnost jakékoliv zvláštní příčiny bude vytlačovat proces ze stavu statisticky zvládnutého nebo přímo do stavu statisticky nezvládnutého. Výkonnost takového stavu bude vždy nestabilní a nemůže být predikována.

Regulační meze

Když Shewhart navrhl regulační diagramy, zabýval se i ekonomickou stránkou regulace procesů, tj. opatřením, které má být provedeno v procesu pouze tehdy, když je přítomna zvláštní příčina. To je dosaženo porovnáním vhodné výběrové statistiky s regulačními mezemi. Ale jak tyto meze stanovit?

Uvažuje se normální rozdělení pravděpodobnosti sledovaného znaku jakosti, kterým lze popsat chování procesu. Pak cílem je vymezit, kdy zvláštní příčiny ovlivňují proces. Jiný způsob vyjádření téhož problému - změnil se proces od té doby, kdy byl naposledy zkoumán nebo během období sběru dat?

Protože normální rozdělení je popsáno parametrem polohy procesu (střední hodnotou) a parametrem variability (rozpětím nebo směrodatnou odchylkou) naskytá se otázka: Změnila se poloha procesu nebo jeho variabilita?

Uvažuje se pouze změna v poloze. Jaký postup se může použít ke zjištění, zda se poloha změnila či nikoliv? Jedna možnost by byla podívat se na každý kus vyrobený procesem, ale to je obvykle neekonomické. Alternativou je odebrat výběr z procesu a vypočítat výběrový průměr.

Jestliže se proces nezměnil, bude výběrový průměr stejný jako střední hodnota procesu? Odpověď je, že toto se stane naprosto výjimečně. Ale jak je to možné? Proces se přece vůbec nezměnil. Neznamená to, že střední hodnota procesu zůstala stejná? Důvod pro toto tvrzení je skryt v tom, že výběrový průměr je pouze odhad střední hodnoty procesu.

Shewhart použil rozdělení výběrových průměrů k tomu, aby stanovil provozní definici procesu ve statisticky zvládnutém stavu. Nejdříve se začíná předpokladem, že proces je ve zvládnutém stavu. Pak se porovnává hodnota výběrového průměru s jeho rozdělením použitím mezí určených jako trojnásobek jeho směrodatné odchylky. (Shewhart zvolil meze ve formě trojnásobku směrodatné odchylky jako meze ekonomicky výhodné pro regulaci procesu). Tyto meze se nazývají regulační meze. Jestliže výběrový průměr padne mimo tyto meze, existuje důvod se domnívat, že se objevila zvláštní příčina. Dále lze očekávat, že všechny výběrové průměry budou vykazovat náhodné uspořádání uvnitř těchto mezí. Když skupina bude tvořit nějaké nenáhodné seskupení, opět je to důvod se domnívat, že je přítomna zvláštní příčina.

Data se porovnávají s regulačními mezemi, aby se zjistilo, zda kolísání procesu je stabilní a odpovídá tomu, že bylo vyvoláno pouze náhodnými příčinami. Je-li zřejmá přítomnost zvláštní příčiny kolísání, je proces analyzován, aby se zjistilo, co to způsobuje. Po realizaci opatření do procesu se získají další data z procesu, přepočtou se regulační meze a, pokud je nutné, zareaguje se na výskyt dalších možných zvláštních příčin.

Pokud všechny zvláštní příčiny byly zachyceny a eliminovány a proces běží ve statisticky zvládnutém stavu, pokračuje se v aplikaci regulačních diagramů jako nástroje pro monitorování procesu a může být také vypočtena jeho způsobilost. Pokud je kolísání způsobené pouze náhodnými příčinami příliš velké, proces nemůže produkovat výstup, který trvale splňuje požadavky zákazníka. Pak sám proces musí být podroben analýze a obvykle musí být přijata opatření na úrovni managementu ke zlepšení systému.

Chyby v regulačních diagramech

Při aplikaci regulačních diagramů jsou možné dva typy chyb. První typ nastává, zůstává-li příslušný výrobní proces ve stavu statisticky zvládnutém, ale bod náhodou padne mimo regulační meze. V důsledku toho se nesprávně vyvozuje, že výrobní proces již není ve statisticky zvládnutém stavu a vznikají náklady na pokus nalézt příčiny neexistujícího problému.

Chyba druhého druhu nastává, je-li výrobní proces ve stavu statisticky nezvládnutém, ale zanesený bod leží náhodou uvnitř regulačních mezí. V tomto případě se nesprávně vyvozuje, že výrobní proces je ve stavu statisticky zvládnutém, a pak vznikají náklady spojené se selháním schopnosti odhalit nárůst neshodných jednotek na výstupu z výrobního procesu. Avšak riziko chyby druhého druhu je funkcí tří faktorů: šíře regulačních mezí, rozsahu výběru a stupně, do něhož výrobní proces vstupuje jako statisticky nezvládnutý. Charakter těchto faktorů je takový, že o velikosti rizika chyby druhého druhu lze vyvodit jen obecné závěry.

Shewhartův systém bere v úvahu pouze chybu prvního druhu a při mezích 3σ směrodatná odchylka je velikost této chyby 0,3 %. Protože v dané situaci lze obtížně získat smysluplný odhad nákladů na chybu druhého druhu a protože je vyhovující libovolně vybrat

podskupinu malého rozsahu 4 nebo 5, ukazuje se přiměřené a proveditelné použít mezi 3x směrodatná odchylka a pozornost zaměřit na řízení a zlepšování chování vlastního výrobního procesu.

2.2 Efektivní využívání a přínosy regulačních diagramů

Z účinné aplikace regulačních diagramů mohou být vytěženy důležité přínosy. Mezi zisky a přínosy regulačních diagramů patří:

Filozofie managementu: Způsob, jakým je společnost řízena, může přímo ovlivňovat efektivitu SPC. Dále jsou uvedeny příklady toho, co je třeba respektovat:

- Soustředění organizace na redukci kolísání.
- Vytvoření otevřeného prostředí, které podporuje práci mezioborových týmů.
- Aplikování SPC s cílem povzbudit zájem o prohlubování znalostí o kolísání ve výrobních procesech.
- Aplikování SPC v oblasti řízení dat a využívání závěrů jejich zpracování v každodenním rozhodování.

Filozofie techniků: Technici využívají data při vývoji návrhů, které mohou mít a budou mít vliv na úroveň a typ kolísání na finálním výrobku. Dále jsou uvedeny některé způsoby, kterými technici mohou prokázat účinné využití SPC:

- Soustředit se na kolísání procesu v průběhu jeho navrhování, tzn. například na počet změn návrhu, návrh pro výrobu a pro montáž, pohyb pracovníků atd.
- Podpořit a finančně zajistit školení managementu a pracovníků pro správné využívání a aplikaci SPC.
- Požadovat porozumění chování procesu z hlediska jeho kolísání a stability ve vztahu k měření a k datům, která jsou využita pro vývoj návrhů.
- Podporovat technické změny navrhované na základě informací získaných z analýzy pomocí SPC zaměřené na redukci kolísání.

Filozofie výroby: Jak se výroba rozvíjí a pracuje, stroje a dopravní systémy ovlivňují úroveň a typ kolísání finálního výrobku a proto je třeba:

- Soustředit zájem výrobní organizace na redukci kolísání, např. na počet různých procesů, dopad víceúčelových zařízení, nástrojů a údržby strojů.
- Nedovolit ukončení práce s regulačními diagramy, dokud proces není stabilní. Přenesení odpovědnosti za proces výrobě má vždy nastat až po uvedení procesu do stabilního stavu.
- Zajistit správnou lokalizaci výstupů dat z SPC pro optimální využití pracovníky.

Řízení jakosti: Funkce jakosti je v zavedení SPC rozhodující složkou.

- Podporovat trénink v SPC metodách pro management, inženýry a pracovníky organizace.
- Radit klíčovým osobám při organizaci správného zavádění SPC metod.
- Pomáhat při identifikaci a redukci zdrojů kolísání.
- Zajistit optimální využití dat a informace z SPC.

Výroba: Pracovníci výroby jsou bezprostředně spojeni s procesem a mohou ovlivňovat kolísání procesu. Proto mají:

- Být řádně vyškoleni v aplikaci SPC a řešení problémů.
- Porozumět kolísání a stabilitě ve vztahu k měření a datům, která jsou použita pro regulaci a zlepšování procesu.
- Být ostražití a komunikativní, když se mění podmínky v procesu; aktualizovat, udržovat a zakreslovat regulační diagramy v rozsahu svých kompetencí.
- Na základě sebraných informací poznávat proces a vnitřní vazby.

- Používat informace získané z SPC v reálném čase při chodu procesu.

Používání výše nastíněných přístupů může vytvořit správné prostředí pro pochopení a snížení kolísání procesu. Minimální užití SPC pro monitorování procesu vyústí v udržení procesu na současné úrovni výkonnosti. Avšak reálné zlepšení může být dosaženo, když SPC je využito pro přímou cestu k analyzování procesů. Správné použití metod SPC může organizaci nasměrovat ke zlepšení jakosti výrobku a procesu.

2.3 Regulační diagramy při kontrole měření

Regulační diagramy při kontrole měření¹ představují typickou aplikaci statistické regulace procesů, kde procesy a jejich výstupy lze charakterizovat hodnotami měření kvantitativního znaku. Tyto regulační diagramy jsou vhodné z několika důvodů:

- Kvantitativní hodnota (např. průměr je 16,45 mm) obsahuje více informací než jednoduchý výrok typu ano-ne (např. „rozměr průměru je uvnitř tolerančního pole“).
- Ačkoliv sběr kvantitativních dat je obvykle nákladnější než sběr kvalitativních, rozhodnutí při regulaci měření může být dosaženo rychleji s menším rozsahem podskupiny (výběru). To pak vede k nižším celkovým nákladům na měření právě díky vyšší vydatnosti informace v kvantitativních datech.
- Protože před spolehlivými rozhodnutími je nutno překontrolovat méně kusů, je obvykle kratší zpoždění mezi signálem o změně v procesu a nápravným opatřením.
- Pomocí kvantitativních dat lze vyhodnocovat výkonnost procesu a zlepšení lze kvantifikovat, i když všechny individuální hodnoty jsou uvnitř mezních hodnot daných specifikací. To je velice důležité pro neustálé zlepšování procesu.

Regulační diagram při kontrole měření může lépe objasnit data z procesu v souvislosti s kolísáním procesu, kolísáním od jednoho kusu ke druhému a pomocí průměru procesu. Z tohoto důvodu se regulační diagramy při kontrole měření obvykle připravují a analyzují ve dvojicích, jeden diagram pro průměr procesu a druhý pro kolísání procesu.

Nejčastěji používané dvojice diagramů jsou \bar{X} a R diagramy, přičemž \bar{X} je aritmetický průměr hodnot získaných z malých podskupin – míra průměru procesu, a R je výběrové rozpětí hodnot uvnitř každé podskupiny (největší zjištěná hodnota minus nejmenší) – míra kolísání procesu. Avšak existují i jiné typy regulačních diagramů, které mohou být za určitých okolností mnohem užitečnější.

¹Pozn.: Vzhledem k aplikaci regulačních diagramů při kontrole měření v praktické části jsou podrobněji popsány v teoretické části jen výše zmíněné regulační diagramy.

2.4 Prvky regulačních diagramů

Neexistuje jediný schválený způsob, jak zobrazovat regulační diagramy. Avšak stále je nutno si uvědomovat důvody pro užití regulačních diagramů. Jakýkoliv formát je přijatelný, pokud obsahuje následující:

- **(A) Odpovídající stupnici**

Stupnice na regulačním diagramu má být taková, aby bylo možno znázornit přirozené kolísání procesu. Stupnice s příliš úzkou stupnicí na regulačním diagramu neumožňuje potřebnou analýzu a regulaci procesu.

- **(B) UCL, LCL**

Schopnost určit hodnoty vně regulačních mezí, které signalizují výskyt zvláštních příčin, je dána regulačním diagramům zakreslením regulačních mezí vypočtených pomocí rozdělení výběrové charakteristiky. V žádném případě nesmí být pro analýzu a regulaci procesu místo platných regulačních mezí použity hodnoty dané specifikací.

- **(C) Centrální přímka CL**

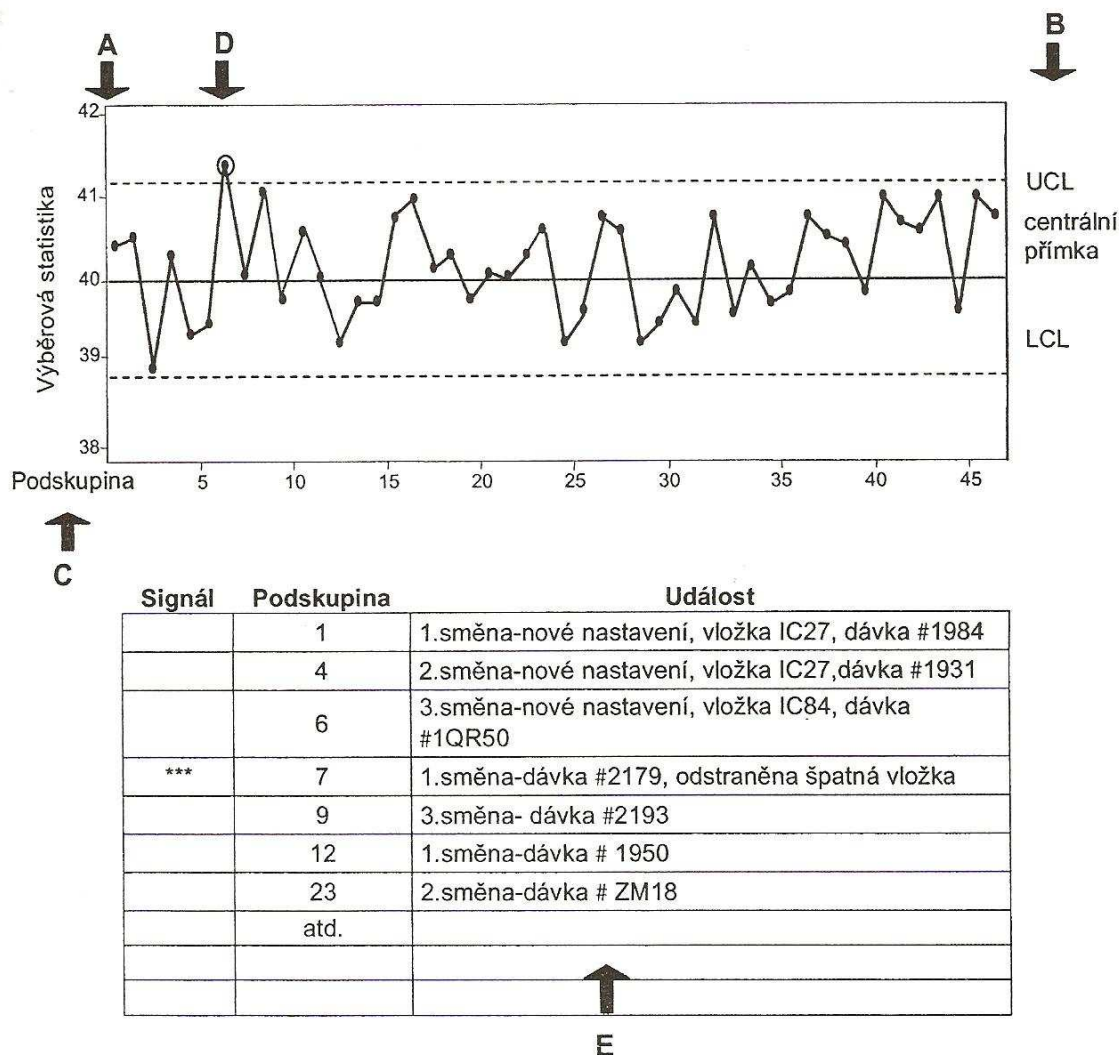
K určení nenáhodných seskupení, která signalizují přítomnost zvláštní příčiny, vyžaduje regulační diagram zakreslení centrální přímký založené na rozdělení výběrové charakteristiky.

- **(D) Posloupnost podskupin/ časová osa**

Zachování posloupnosti, v jaké byla data shromážděna, umožňuje identifikaci, kdy zvláštní příčina nastala a zda je tato zvláštní příčina časově orientována.

- **(E) Identifikace bodů, kdy proces není statisticky zvládnut**

Na regulačním diagramu mají být identifikovány ty zakreslené body, kdy proces nebyl ve statisticky zvládnutém stavu. Jakmile se nakreslí takový bod na diagram, má se provést analýza zvláštních příčin a jejich identifikace.

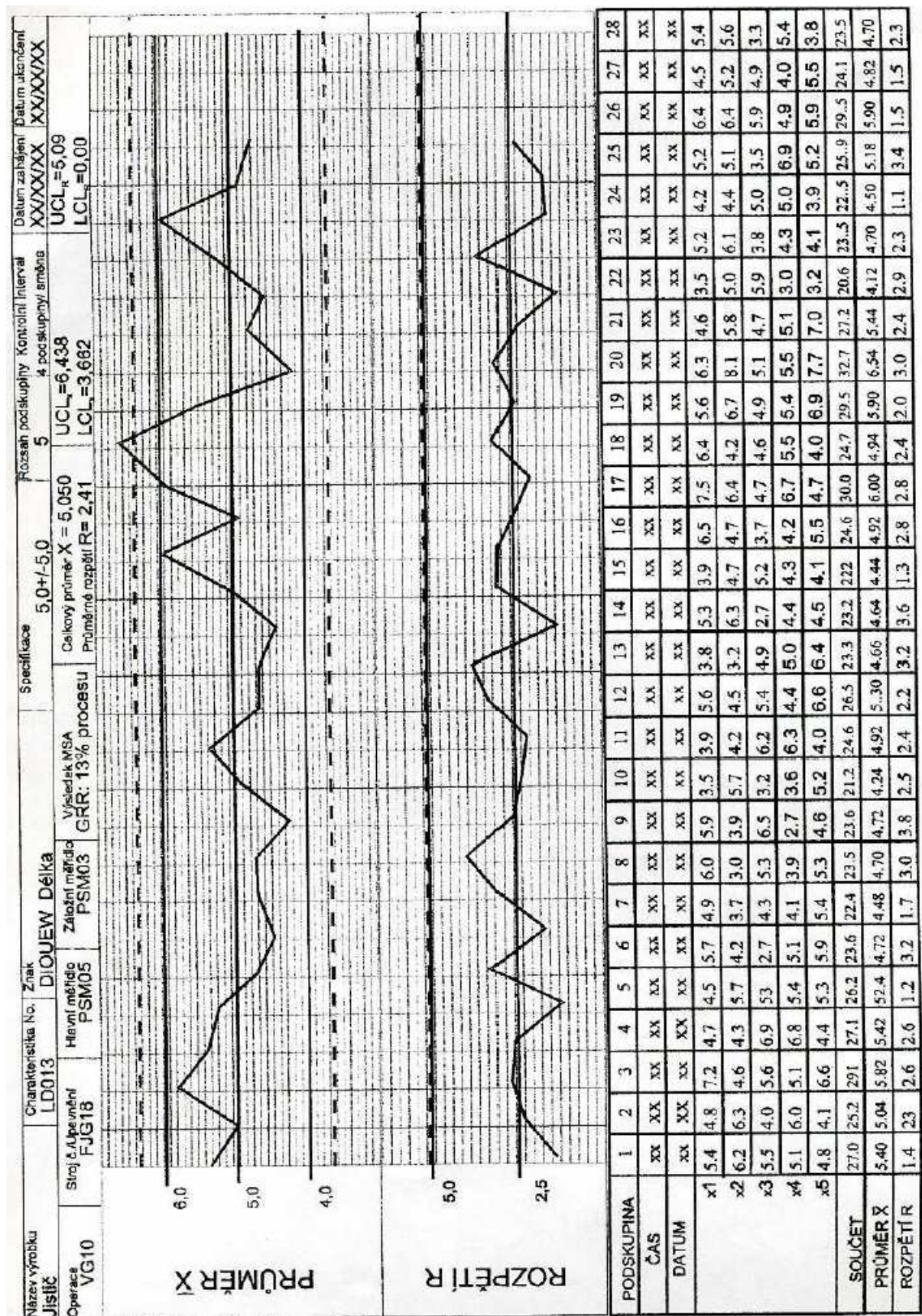


Obrázek 1.2 Prvky regulačního diagramu

Regulační diagramy, které jsou včleněny do zprávy jako její součást, a ty, které jsou vedeny ručně, mají obsahovat následující informace:

- **Co:** název součásti/výrobku a identifikační číslo.

- **Kde:** informace o operaci/kroku procesu a název identifikace.
- **Kdo:** jméno operátora a hodnotitele.
- **Jak:** použitý systém měření, jméno, číslo, jednotky (měřítko).
- **Kolik:** rozsah podskupiny, stejný nebo různý.
- **Kdy:** schéma sběru (frekvence a čas odběru)



Obrázek 2.2 Přední strana ručně vedeného regulačního diagramu pro průměr a rozpětí

2.5 Procesy řízené regulačními diagramy

Přípravné kroky

Před aplikací regulačních diagramů se mají provést některé přípravné kroky:

- ✓ Vytvořit prostředí vhodné pro zavedení SPC.
- ✓ Definovat proces.
- ✓ Určit rysy nebo znaky jakosti, které mají být na diagramech sledovány, a jsou založeny na:
 - potřebách zákazníka,
 - stávajících a možných oblastech problémů,
 - vazbě (korelaci) mezi znaky jakosti.
- ✓ Definování znaku jakosti.

Znak jakosti musí být definován provozní definicí tak, aby výsledky mohly být sdělitelné všem, kterých se týkají, a to způsobem, který dává stejný smysl dnes stejně jako včera. Má obsahovat specifikaci, jaká informace se má sbírat, kde, jakým způsobem a za jakých podmínek.

Provozní definice popisuje znak jakosti, který se má vyhodnotit, a zda se jedná o znak kvalitativní nebo kvantitativní.

- ✓ Definování systému měření

Celková (totální) variabilita procesu se skládá z variability, která vyjadřuje proměnlivost od jednoho kusu ke druhému a z variability systému měření. Je velice důležité odhadnout podíl variability způsobené pouze měřením na celkové variabilitě procesu a určit, zda je přijatelný. Výkonnost systému měření musí být predikovatelná v pojmech přesnosti, shodnosti a stability. K validaci způsobilosti systému měření pro zamýšlené použití nepostačuje jen periodická kalibrace. Systém měření musí být kromě kalibrace posouzen i z hlediska vhodnosti pro zamýšlené použití MSA.

MSA

Jedním z nejběžnějších důvodů vzniku dat nízké kvality je jejich příliš velká variabilita. Velký podíl na této variabilitě v souboru měření může mít interakce mezi systémem měření a jeho prostředím.

Způsobuje-li interakce příliš velkou variabilitu, potom může být kvalita dat tak nízká, že nejsou užitečná. Například systém měření s velkou variabilitou nemusí být vhodný pro analyzování výrobního procesu, protože variabilita systému měření může zakrývat variabilitu výrobního procesu.

Při vyhodnocování systému měření musí být věnována pozornost třem základním otázkám:

- 1) Systém měření musí prokázat odpovídající citlivost.

- ✓ Má přístroj odpovídající práh citlivosti? Práh citlivosti (nebo třída) je určen návrhem a slouží jako základní výchozí bod pro volbu systému měření. Běžně se používá „pravidlo deseti“ či „10 ku 1“, podle kterého má práh citlivosti rozdělit toleranci (nebo variabilitu procesu) na deset nebo více částí.

- ✓ Prokazuje měřicí systém efektivní rozlišitelnost? Ve vztahu k prahu citlivosti se určí, zda má systém měření v případě aplikace a podmínek citlivosti ke zjištění změn produktu nebo variability procesu efektivní rozlišitelnost.

- 2) Systém měření musí být stabilní.

- ✓ V podmínkách opakovatelnosti je variabilita systému měření způsobena pouze náhodnými příčinami, a nikoliv zvláštními příčinami.

- 3) Statistické vlastnosti (chyby) se shodují v očekávaném rozsahu a jsou adekvátní účelu měření. V případě řízení produktu musí být variabilita systému měření v porovnání s mezními hodnotami danými specifikací malá. V případě

regulace procesu by variabilita systému měření měla prokazovat efektivní rozlišitelnost a být malá v porovnání s variabilitou výrobního procesu.

✓ Minimalizování zbytečného kolísání

Před vlastním sledováním procesu mají být redukovány zbytečné vnější příčiny kolísání na co nejmenší míru. To jednoduše znamená dávat pozor na to, aby proces pracoval takovým způsobem, jak má. Cílem je vyhnout se zřejmým problémům, které by mohly a měly být napraveny bez použití regulačních diagramů. To se týká nastavení procesu nebo příliš častého zasahování do jeho chodu.

2.5.1 Mechanismus regulačních diagramů

Kroky při používání regulačních diagramů jsou:

1. Sběr dat
2. Stanovení regulačních mezí
3. Interpretace statistické regulace
4. Prodloužení regulačních mezí pro stávající regulace

Sběr dat

Regulační diagramy jsou založeny na měření určitého znaku jakosti. Tato měření jsou využita pro výpočet regulační statistiky (výběrové charakteristiky jako je průměr, rozpětí, směrodatná odchylka), která popisuje určitý prvek charakterizující rozdělení pravděpodobnosti regulovaného znaku. Data z měření se shromažďují ze vzorků odebíraných z toku procesu. Vzorky jsou odebrané ve formě podskupin, které mohou být tvořeny jednou či více jednotkami. Obecně platí, že čím rozsáhlejší je podskupina, tím snadnější je detekce malých posunů procesu.

Tvorba plánu odběru vzorků

K zajištění činnosti regulačních diagramů má být určen plán odběru logických podskupin. Logická podskupina je skupina vzorků odebraných tak, aby se minimalizovala šance pro kolísání vyvolané zvláštními příčinami projevujícími se uvnitř podskupiny a současně se maximalizovala šance pro kolísání mezi podskupinami způsobené zvláštními příčinami. Vodítkem pro navrhování plánu odběru vzorků je, aby stávající kolísání mezi podskupinami bylo srovnatelné s kolísáním uvnitř podskupin. Při zahrnutí po sobě jdoucích vzorků do logické podskupiny se minimalizuje příležitost, aby se proces změnil a aby se minimalizovalo kolísání uvnitř podskupin. Frekvence odběru podskupin se obvykle stanovuje tak, aby byla možnost pro zachycení přítomnosti zvláštních příčin mezi podskupinami.

Kolísání uvnitř podskupiny představuje kolísání od jednoho kusu ke druhému v relativně krátkém časovém úseku. Každé významné kolísání mezi podskupinami má odrážet změny v procesu, které mají být vyšetřovány z pohledu vhodného opatření.

Rozsah podskupiny – Jak má být velký rozsah podskupiny, určuje obvykle sám typ vyšetřovaného procesu. Odpovídající rozsah podskupiny určuje odpovědný tým. Pokud se očekává malý posun procesu, pak bude zapotřebí větší rozsah podskupin oproti tomu, když očekávaný posun procesu bude velký. Rozsah podskupin má být konstantní. Výpočet regulačních mezí závisí na rozsahu podskupiny.

Frekvence odběru podskupin – Podskupiny jsou odebírány jedna po druhé postupně v čase, např. každých 15 minut nebo dvakrát za směnu. Cílem je detekovat změny v procesu v čase. Podskupiny se mají odebírat tak často a v takových vhodných okamžicích, aby mohly

odrážet možné příležitosti ke změně. Možné příčiny změny v procesu mohou být odvislé od rozdílů charakterizujících pracovní směny, od střídání operátorů, náběhové fáze procesu, dávkami materiálu apod.

Počet podskupin – Počet skupin, nutných pro stanovení regulačních mezí, má splňovat následující kritérium: z procesu odebrat tak velký počet podskupin, aby bylo zjištěno, že se projeví většina možných zdrojů zvláštních příčin kolísání, které mohly ovlivňovat proces. Obecně 25 a více podskupin obsahujících kolem 100 či více jednotlivých čtení je postačující pro dobrý test stability procesu a je-li tento proces stabilní, dává i dobré odhady polohy a rozptýlení procesu. Tento počet podskupin zaručuje, že bude minimalizován vliv jakékoliv extrémní hodnoty v rozpětí nebo ve směrodatné odchylce.

Schéma odběru vzorků – Při nepředvídatelném výskytu zvláštních příčin v procesu představuje odpovídající schéma odběru vzorků náhodný výběr. Náhodný výběr je takový výběr, v němž každý prvek výběru (zde prvek podskupiny) má stejnou šanci, že bude vybrán. Náhodný výběr je systematický a plánovaný, to znamená, že všechny vzorky jsou určeny před vlastním sběrem dat.

Struktura regulačního diagramu

Regulační diagram se skládá z následujících částí:

- ✓ Záhloví s popisem procesu a plánu odběru vzorků.
- ✓ Část pro záznam/znázornění získaných číselných dat.

Tato část má obsahovat pro každou podskupinu datum, čas a další identifikační údaje.

- ✓ Část pro výpočty.

Tato část má také obsahovat prostor pro výpočty využívající napozorovaná čtení a výpočty statistik pro regulaci procesu.

- ✓ Část pro grafické zobrazení statistik (výběrových charakteristik) pro regulaci procesu.

Hodnota výběrové charakteristiky určené k regulaci procesu je obvykle znázorněna na svislé ose a na vodorovné ose je zaznamenáván čas. Naměřené hodnoty a zobrazené hodnoty charakteristik v diagramu mají být zakreslovány svisle. Stupnice má být tak široká, aby pokryla kolísání zakreslované výběrové charakteristiky.

Záznam hrubých dat

- ✓ Zaznamenávají se všechny individuální naměřené hodnoty z každé podskupiny a identifikují se pro každou podskupinu.
- ✓ Dále se zaznamenává každá událost v procesu.

Výpočet výběrových charakteristik (statistik) pro každou skupinu

K regulaci použitá statistika, která má být zobrazována v diagramu, se vypočte z dat v podskupině. Těmito statistikami mohou být výběrový průměr, výběrové rozpětí apod. Výpočet se provádí pomocí vzorců v závislosti na typu použitého regulačního diagramu (kapitola 2.7).

Zakreslení výběrové charakteristiky (statistiky) do regulačního diagramu

Vypočítané hodnoty statistiky použité pro regulaci procesu se zakreslí do diagramu. Hodnoty statistik vypočtených z jedné podskupiny musí být seřazeny svisle pod sebou. Pro lepší zvýraznění možných trendů či nenáhodných seskupení se zakreslené body spojí plnou čarou. K identifikaci možných problémů se data mají prověřit okamžitě po zakreslení.

2.5.2 Stanovení regulačních mezí

Regulační meze jsou určeny na základě svého přirozeného kolísání statistiky použité pro regulaci procesu. Vymezují prostor, ve kterém se mohou pohybovat vypočtené hodnoty statistik, pokud je proces ovlivňován pouze náhodnými příčinami kolísání. Jestliže je počítán aritmetický průměr dvou podskupin z téhož procesu, je rozumné očekávat, že oba výběrové průměry budou přibližně stejné. Protože ale tyto statistiky byly vypočteny z hodnot různých vzorků, nelze očekávat, že oba průměry budou identické. I když oba průměry jsou různé, přesto existuje hranice, jaký rozdíl – vyvolaný právě přítomností náhody – lze mezi nimi očekávat. Tento fakt určuje polohu regulačních mezí.

Na tomto principu jsou založeny všechny typy regulačních diagramů. Když je proces stabilní (tedy pracuje pouze pod vlivem náhodných příčin), pak existuje velká pravděpodobnost, že vypočtená hodnota zvolené statistiky pro jakoukoliv podskupinu padne mezi regulační meze. Pokud hodnota statisticky překročí regulační meze, indikuje to možnou přítomnost zvláštní příčiny kolísání v procesu.

Při analýze statistické regulace procesu existují dvě fáze.

1. První fáze se týká identifikace a eliminace zvláštních příčin kolísání procesu. Cílem je stabilizovat proces. Stabilizované predikovatelné procesy se nazývají statisticky zvládnuté procesy.
2. Druhá fáze se týká predikce budoucích měření, tudíž ověřování stávající stability procesu. Během této fáze se data analyzují a reaguje se na zvláštní příčiny v reálném čase. Stabilizovaný proces může být analyzován a je stanoveno, zda je způsobilý vyrábět v souladu s přáním zákazníka.

Určení centrální přímky a regulačních mezí v diagramu

K podpoře grafické analýzy zakreslené výběrové charakteristiky (statistiky) pro regulaci procesu je třeba na regulačním diagramu určit odhad polohy těžiště procesu (centrální přímku) a regulační meze. Pro sestavení regulačního diagramu je nutno vypočítat (vzorci viz. kapitola 2.7):

- ✓ centrální přímku CL,
- ✓ horní regulační mez UCL,
- ✓ dolní regulační mez LCL.

2.5.3 Interpretace statistické regulace

Jestliže v procesu nejsou přítomny žádné zvláštní příčiny ovlivňující jeho variabilitu, potom hodnoty výběrových charakteristik (statistik) použitých pro jeho regulaci budou náhodně rozmístěny mezi regulačními mezemi.

Zvláštní příčiny mohou ovlivnit buď polohu procesu (průměr) nebo kolísání (rozpětí). Cílem analýzy regulačního diagramu je zjistit jakýkoliv důkaz, že variabilita procesu nebo poloha procesu nepracují na konstantní úrovni – to znamená, že jedna nebo druhá z těchto charakteristik procesu nebo obě současně jsou ve statisticky nezvládnutém stavu – a provést odpovídající opatření.

Protože regulační meze pro statistiku polohy jsou závislé na statistice kolísání, musí se nejdříve analyzovat stabilita statistiky variability procesu. Statistiky pro variabilitu a pro polohu procesu se analyzují zvlášť, ale porovnání nenáhodných seskupení mezi oběma diagramy může poskytnout někdy nový pohled na zvláštní příčiny ovlivňující proces.

Proces nemůže být označován za stabilní, dokud kterýkoliv z regulačních diagramů signalizuje rysy statisticky nezvládnutého procesu.

Analýza hodnot zakreslených do R -diagramu

Protože možnost interpretace chování jak rozpětí tak průměru podskupin závisí na odhadu proměnlivosti od jednoho kusu ke druhému, je nutné nejprve analyzovat R -diagram. Zakreslené body jsou porovnány s regulačními mezemi z hlediska, zda body neleží mimo regulační meze nebo nevykazují trendy a nenáhodná seskupení (kapitola 2.6).

Identifikace a ošetření zvláštních příčin (R -diagram)

Při každé signalizaci zvláštní příčiny na R -diagramu je nutné provést analýzu chodu procesu a identifikovat zdroje příčin a lépe porozumět procesu. Je nutné napravit podmínky vedoucí ke vzniku zvláštní příčiny a pokud možno zabránit tomu, aby se nemohla opakovat. Regulační diagram má sloužit k analýze problému v procesu a ke zjištění, kdy ke změně došlo a jak dlouho trvala. Ne všechny zvláštní příčiny působí však negativně. Některé zvláštní příčiny mohou působit pozitivně na zlepšení chodu procesu tím, že vyvolají snížení kolísání rozpětí. Tyto zvláštní příčiny mají být také posouzeny pro jejich možné zabudování do procesu, když se to ukazuje žádoucí.

Přepočet regulačních mezí (R -diagram)

Při provádění vstupní analýzy procesu nebo při přehodnocování způsobilosti procesu mají být přepočteny regulační meze, aby bylo možné vyloučit vliv všech časových úseků, kdy proces nebyl ve statisticky zvládnutém stavu a kdy byly všechny zvláštní příčiny identifikovány, odstraněny nebo zabudovány do dokumentace procesu. Teprve po vyloučení těch podskupin – které byly ovlivňovány zvláštními příčinami, které se podařilo identifikovat a odstranit, nebo zabudovat do dokumentace předpisu jako prospěšné – je možné přepočítat a zakreslit nové průměrné rozpětí a nové regulační meze pro rozpětí. Nutno se přesvědčit, že všechny body rozpětí leží uvnitř těchto nových mezí; v opačném případě je třeba opakovat celou posloupnost činností: identifikace zvláštních příčin, nápravu a přepočet regulačních mezí.

Jestliže nějaká podskupina byla vyloučena z R -diagramu, poněvadž byl u ní zjištěn vliv zvláštní příčiny, má být stejná podskupina vyloučena i u diagramu pro výběrový průměr. Revidované hodnoty průměrného rozpětí \bar{R} a celkového průměru $\bar{\bar{X}}$ se mají použít k přepočtu pokusných regulačních mezí pro aritmetické průměry.

Identifikace a ošetření zvláštních příčin (\bar{X} -diagram)

Jakmile je na R -diagramu identifikována zvláštní příčina a její vliv byl odstraněn, může být zhodnocen diagram pro průměry z hlediska přítomnosti zvláštních příčin.

Při každé indikaci podmínky, kdy na regulačním diagramu pro průměry je proces mimo zvládnutý stav, je nutné provést analýzu chodu procesu a určit důvod přítomnosti zvláštní příčiny, napravit tuto podmínku a předejít tomu, aby znovu nastala. Data na diagramu se použijí jako nástroj ke zjištění, kdy takové podmínky začaly působit a jak dlouho jejich působení probíhalo. Důležitá je včasnost analýzy a to jak pro diagnózu, tak pro minimalizaci nekonzistentních výstupů.

Přepočet regulačních mezí (\bar{X} -diagram)

Při provádění počáteční analýzy procesu a při přehodnocování jeho způsobilosti, je nutno vyloučit všechny body na diagramu, pro které byly identifikovány a odstraněny zvláštní příčiny. Současně se musí tyto body vyloučit i z R -diagramu, protože neexistuje jistota, že tyto objevené příčiny na \bar{X} -diagramu neovlivnily i zde úroveň variability. Pak je nutno přepočítat a zakreslit celkový průměr a nové regulační meze pro průměry. Je nutné se přesvědčit, že všechny průměry jsou mezi novými mezemi. Pokud tomu tak není,

je nutno zopakovat celou posloupnost činností: identifikaci možných zvláštních příčin, jejich nápravu a přepočítání regulačních mezí.

2.6 Určení signálů statisticky nezvládnutého procesu

2.6.1 Bod mimo regulační meze

Přítomnost jednoho či více bodů mimo některé z regulačních mezí je hlavní důkaz přítomnosti zvláštní příčiny kolísání. Zvláštní příčina mohla nastat před tímto bodem.

Protože výskyt bodů mimo regulační meze je poměrně řídký, pokud je přítomno pouze kolísání způsobené jen náhodnými příčinami, předpokládá se, že zvláštní příčina spadá na vrub extrémní hodnoty. Tedy jakýkoliv bod mimo regulační mez je signálem pro analýzu chodu procesu v důsledku přítomnosti zvláštní příčiny. Při nastání takové zvláštní příčiny se za účelem vyšetření označí všechny body ležící mimo regulační meze a v procesu se provede odpovídající opatření.

Bod mimo regulační mez je obecně znamením pro nastání jednoho nebo několika z následujících jevů:

- Regulační mez nebo bod byly špatně vypočteny nebo zakresleny.
- Kolísání od jednoho kusu k druhému nebo rozptýlení rozdělení se zvětšily (tj. zhoršily) buď v jediném časovém bodě nebo jako součást určitého trendu.
- Systém měření se změnil (např. v důsledku jiného hodnotitele nebo měřidla).
- Systém měření postrádá dostatečnou rozlišovací schopnost.

Bod mimo regulační mez je obecně signálem toho, že se proces posunul buď v tomto bodě nebo jako součást trendu.

2.6.2 Nenáhodná seskupení nebo trendy uvnitř regulačních mezí

Přítomnost neobvyklých seskupení nebo trendů, i když všechny body jsou uvnitř regulačních mezí, může být důkazem vlivu nějaké zvláštní příčiny v průběhu nenáhodného seskupení či trendu. To může být první varování o přítomnosti nepříznivých podmínek v procesu, které mají být napraveny. Naopak, určitá seskupení nebo trendy mohou mít příznivý vliv na proces a mají být analyzovány, aby se případně staly možným trvalým zlepšením procesu.

Iterace

Iterace – každé seskupení z následujících je znamením posunu procesu nebo začátku působení nějakých trendů:

- 7 bodů v řadě za sebou na jedné straně od \bar{X} nebo \bar{R} .
- 7 bodů za sebou v řadě tvoří rostoucí nebo analogicky klesající posloupnost.

Je třeba označit bod, který iniciuje rozhodnutí. Může být užitečný pro vyznačení zpět na začátek iterace. Analýzou se má posoudit přibližný čas, ve kterém se mohl prvně začít projevovat posun nebo trend.

Iterace nad průměrem rozpětí (CL) nebo iterace směrem nahoru ukazuje na přítomnost jednoho nebo obou z následujících jevů:

- ✓ Větší rozptýlení ve výstupních hodnotách, což může být vyvoláno nepravidelně se projevující příčinou (jako např. selhání zařízení nebo uvolněním upínacího přípravku) nebo posunem jednoho z prvků procesu (např. nová, méně homogenní dávka hromadného materiálu).
- ✓ Změna v systému měření (např. nový kontrolor nebo měřidlo).

Iterace pod průměrem rozpětí (CL) nebo iterace směrem dolů ukazuje, že mohl nastat jeden nebo oba následující jevy:

- ✓ Menší rozptýlení ve výstupních hodnotách, což je obvykle dobrý stav, který se má vyšetřit pro širší aplikaci a zlepšení procesu.
- ✓ Změna v systému měření, která mohla zakrýt skutečnou výkonnost procesu.

Iterace vztažená na průměr procesu je obecně znamením, že mohl nastat jeden nebo oba následující jevy:

- ✓ Průměr procesu se změnil – a může se ještě změnit.
- ✓ Systém měření se změnil.

Zřejmá nenáhodná seskupení

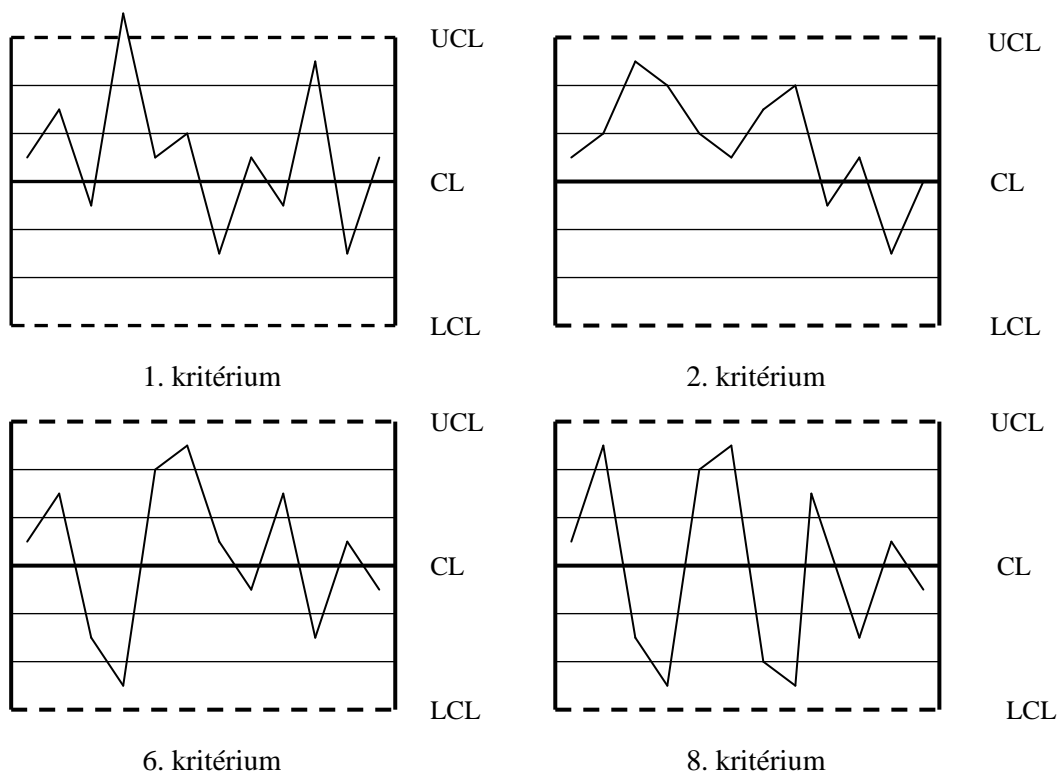
Kromě výskytu bodů mimo regulační meze nebo dlouhých iterací se mohou objevovat další odlišná seskupení dat, která představují vodítko k identifikaci zvláštních příčin. Pozornost se má věnovat především nesprávné interpretaci dat, protože právě náhodná data mohou občas vyvolávat domněnku o nenáhodnosti. Příklady nenáhodných seskupení jsou zřejmé trendy, cykly, celková rozptýlení bodů uvnitř regulačních mezí nebo dokonce vztahy mezi hodnotami uvnitř podskupiny.

2.6.3 Speciální kritéria pro zvláštní příčiny

Existuje několik kritérií pro identifikaci zvláštních příčin. Nejčastěji používaná jsou uvedena v tabulce 1.2. Rozhodnutí, která kritéria použít, záleží na procesu, který má být analyzován.

Tabulka 1.2 Přehled typických kritérií pro detekci zvláštních příčin

Přehled typických kritérií pro detekci zvláštních příčin	
1	1 bod je vzdálen více jak 3 směrodatné odchylky od centrální přímky
2	7 bodů v řadě leží na stejné straně od centrální přímky
3	6 bodů v řadě vytváří klesající nebo rostoucí posloupnost
4	14 bodů v řadě kolísá střídavě nahoru a dolů
5	2 ze 3 bodů jsou ve vzdálenosti větší nežli 2směrodatné odchylky od centrální přímky (na stejné straně)
6	4 z 5 bodů leží ve vzdálenosti větší nežli 1 směrodatná odchylka od centrální přímky (na stejné straně)
7	15 bodů v řadě leží uvnitř prostřední třetiny pásma mezi regulačními mezemi
8	8 bodů v řadě leží ve dvou vnějších třetinách v pásmu mezi regulačními mezemi



Obrázek 3.2 Ukázka některých kritérií pro detekci zvláštních příčin na regulační kartě

Při výše popsaném prověřování stojí za připomenutí, že ne všechny úvahy zaměřené na interpretaci regulace mohou být aplikovány v provozu. Je jednodušší využívat všechny výhody počítače než požadovat na hodnotiteli, aby si pamatoval příliš mnoho kritérií, a tedy ne vše je proveditelné přímo na dílně či v provozu. Takže mnohdy důkladná analýza procesu může být udělána spíše off-line nežli v reálném čase. Toto podporuje potřebu a důležitost dílenských deníků a záznamů v nich o všech jevech objevujících se v procesu a provádění následné důkladné analýzy.

Jiná úvaha se týká školení operátorů. Použití dalších kritérií pro regulaci procesu se má realizovat přímo na dílně, pokud je to možné, ale ne dříve, než je operátor schopen to zvládnout. Obojí je spojeno s odpovídajícím tréninkem a vybavením. Během času a získáváním zkušeností bude operátor schopen rozeznávat nenáhodná seskupení v reálném čase.

2.7 Vzorce pro regulační diagramy

Vzhledem k aplikaci regulačních diagramů pro průměr a rozpětí (\bar{X}, R) v praktické části jsou v této kapitole uvedeny pouze vzorce pro výše zmíněné diagramy.

Průměr podskupiny:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (2.1)$$

n = počet vzorků v podskupině

Rozpětí podskupiny:

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (2.2)$$

x_{\max}, x_{\min} – max., min. hodnota z podskupiny

Celkový (totální) průměr:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_k}{k} \quad (2.3)$$

k = počet podskupin použitých pro výpočet celkového průměru a průměrného rozpětí

Průměrné rozpětí:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k} \quad (2.4)$$

Odhad směrodatné odchylky pro X :

$$\hat{\sigma}_C = \bar{R} / d_2 \quad (2.5)$$

Odhad směrodatné odchylky pro \bar{X} :

$$\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \hat{\sigma}_C / \sqrt{n} \quad (2.6)$$

Parametry diagramu:

Centrální přímká:

Regulační meze:

$$CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} \quad (2.7)$$

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad (2.8)$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \quad (2.9)$$

$$CL_R = \bar{R} \quad (2.10)$$

$$UCL_R = D_4 \bar{R} \quad (2.11)$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R} \quad (2.12)$$

Tabulka 2.2 Konstanty pro výpočet regulačních diagramů

STŘEDNÍ HODNOTA - ROZPĚTÍ				
n	A ₂	d ₂	D ₃	D ₄
2	1,880	1,128	-	3,267
3	1,023	1,693	-	2,574
4	0,729	2,059	-	2,282
5	0,577	2,326	-	2,114
6	0,483	2,534	-	2,004
7	0,419	2,704	0,076	1,924
8	0,373	2,847	0,136	1,864
9	0,373	2,847	0,136	1,864
10	0,308	3,078	0,223	1,777
11	0,258	3,173	0,256	1,744
12	0,266	3,258	0,283	1,717
13	0,249	3,336	0,307	1,693
14	0,235	3,407	0,328	1,672
15	0,223	3,472	0,347	1,653
16	0,212	3,532	0,363	1,637
17	0,203	3,588	0,378	1,622
18	0,194	3,640	0,391	1,608
19	0,187	3,689	0,403	1,597
20	0,180	3,735	0,415	1,585
21	0,173	3,778	0,425	1,575
22	0,167	3,819	0,435	1,566
23	0,162	3,858	0,443	1,557
24	0,157	3,895	0,451	1,548
25	0,153	3,931	0,459	1,541

2.8 Testování stability procesu, předpoklad aplikace regulačních diagramů

Předpokladem uplatnění regulačních diagramů je statisticky zvládnutý proces a normální rozdělení pravděpodobnosti sledovaného znaku jakosti. To znamená, že studovaná náhodná veličina (znak jakosti) se v čase nemění. Nemění se tvar jejího rozdělení ani jeho parametry – střední hodnota (těžiště procesu) a rozptyl (variabilita procesu). Pokud tomu tak není, riziko planého poplachu, tj. riziko, že se výběrová charakteristika, použitá pro sledování procesu, náhodně vyskytne mimo jednu z regulačních mezí, může výrazně převýšit hodnotu 0,00135. Při dodržení předpokladu statisticky zvládnutého procesu se tak tedy může stát v průměru jednou ze 740 kontrolních podskupin.

Ověření, že proces je statisticky zvládnut a tedy stabilní, předpokládá ověřit hypotézu, že všechny vybrané podskupiny pocházejí ze základních normálně rozdělených souborů se stejnou střední hodnotou a stejným rozptylem. Pokud tato hypotéza neplatí, nelze aplikovat regulační diagramy a je třeba použít modifikované, rozšířené regulační meze.

V praktické části bude testování stability procesu provedeno pomocí softwaru MINITAB Release 14, což je statistický software pro Windows.

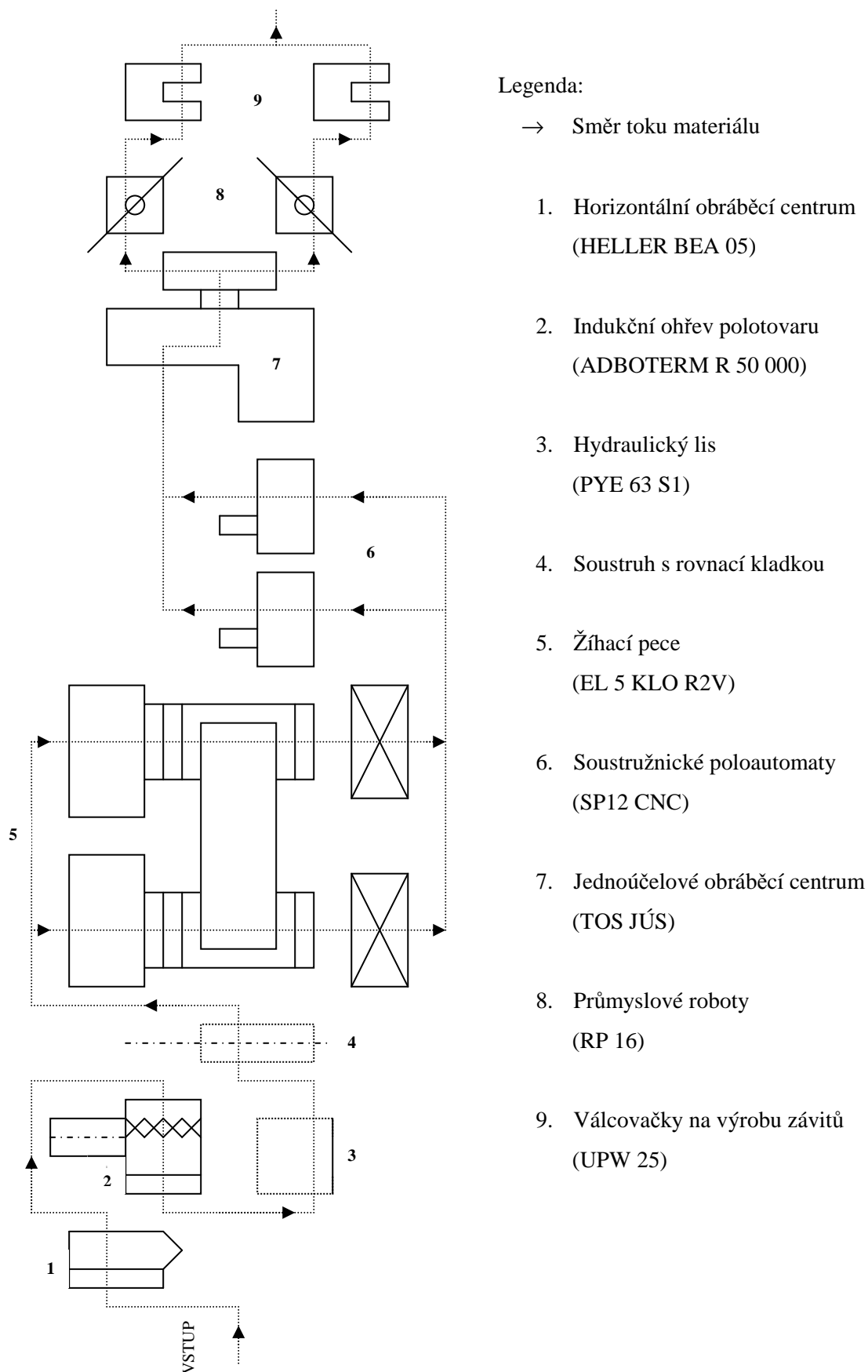
3. SOUČASNÝ STAV KONTROLY VŘETEN V JMA

Třetí kapitola studie se zabývá linkou na výrobu vřeten pro vodárenské armatury. Jsou v ní popsány jednotlivé pracoviště na lince. Další oddíl je věnována kontrole vřeten na pracovišti SP 12 CNC, kde bude dále aplikována metoda SPC.

3.1 Linka na výrobu vřeten

Několik desítek typů vřeten pro vodárenské armatury se vyrábí na lince. V roce 2004 prošla linka důslednou modernizací, díky níž může reagovat na splnění konkrétních zakázek, a to jak po stránce množství tak i kvality.

Začátek linky tvoří horizontální obráběcí centrum, kde je nadělený tyčový materiál nejprve opracován z čel a opatřen středícími důlky. Následuje indukční ohřev polotovaru na tvářecí teplotu. Hydraulickým lisem je na tyči vytvořen tvar pro budoucí nákrůžek. Jelikož dochází díky vzpěrným silám při lisování k prohnutí osy tyče, je vedle lisu umístěn soustruh, kde se provádí srovnání osy polotovaru. Dále jsou tyče uloženy do košů a přesunuty do pece k normalizačnímu žíhání. Další článek linky je tvořen dvojicí poloautomatických CNC soustruhů, které dodávají vřetenu charakteristický tvar. Část vřetene pod ucpávkou je zde dokončena na hotovo. Následně je vřeteno přesunuto válečkovým dopravníkem do jednoúčelového obráběcího centra, kde dochází k obrábění jehlanu, výrobě vnitřního závitu a vrtání díry pro příčný kolík. Z obráběcího centra jsou pomocí robotů přemístěna vřetena k poslední fázi výroby, kterou je válcování rovnoramenného lichoběžníkového závitu. Vyrobená vřetena jsou kvůli ochraně opatřena ochrannými návleky z plastové síťoviny. Takto zabalená vřetena jsou uložena do europalet a převezena na montážní pracoviště. Schéma linky je na obrázku 1.3.



Obrázek 1.3 Schéma linky na výrobu vřeten

3.2 Kontrola vřeten na pracovišti SP 12 CNC

Obráběcí operace na tomto pracovišti jsou rozhodující jednak pro geometrický tvar vřetene před výrobou závitu, jednak pro funkční dokončení těsnící části vřetene na hotovo (rozměr pro aplikaci SPC). V podniku je zaveden princip samokontroly výroby přímo výrobními dělníky na jednotlivých pracovištích. Protože podnik je již řadu let certifikován dle systému EN ISO 9001, je provedeno na pracovišti označení a třídění výrobků barevnými identifikačními kartami s podpisy příslušného výrobního dělníka. Výrobky shodné s požadavky zákazníka jsou označeny bílými identifikačními kartami, výrobky neshodné ale opravitelné jsou označeny zelenými kartami a výrobky neshodné a neopravitelné jsou označeny červenými kartami. Výrobky opravitelné a výrobky neopravitelné mají každý svou barevně odlišenou paletu a jsou izolovány od ostatní produkce. Na konci směny provedou výrobní operátoři evidenci výkonu a stavu rozpracovanosti do systému CAPP prostřednictvím terminálů na svých pracovištích.

Kontrola sledovaného rozměru – průměr vřetene pod ucpávkou

Technologická návodka (viz. kap. 4.1.1) předepisuje kontrolu každého třetího kusu a jako měřidlo předepisuje digitální třmenový mikrometr příslušného rozsahu (viz. kap. 4.1.2). Současný výskyt neshodných a neopravitelných rozpracovaných vřeten je přibližně jeden neshodný výrobek na 200ks produkce.

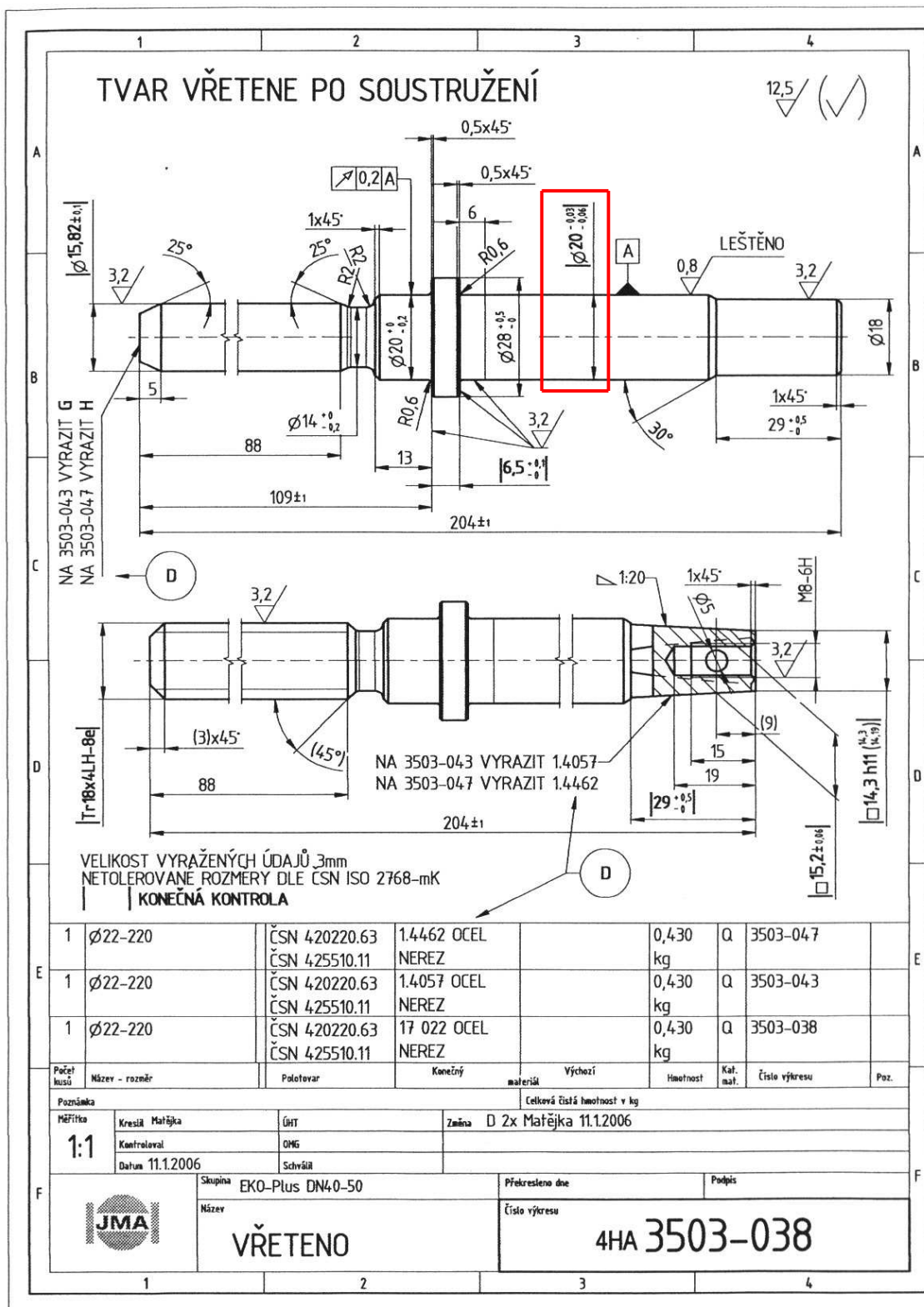
4. NÁVRH METODIKY SPC

Čtvrtá kapitola se zabývá návrhem aplikace metody SPC do výrobního procesu. Je vybrán typický představitel vřeten a na něm konkrétní rozměr, pro který bude metodika SPC navržena. Dále jsou v tomto oddíle uvedeny ostatní náležitosti pro aplikaci SPC.

4.1 Volba představitele vyráběných vřeten

Na základě zjištění celkové produkce všech vyrobených kusů vřeten za minulý rok (2007) bylo vybráno vřeteno č.v. 4HA 3503-038 (obrázek 1.4), které je součástí uzavíracího přírubového šoupátka EKO – Plus PN 16; DN 40. Toto šoupátko se stalo v posledních deseti letech nejprodávanějším výrobkem z nabídky JMA. Pro svoji kvalitu a příznivou cenu si získalo své zákazníky ve více jak padesáti zemích světa.

V roce 2007 bylo vyrobeno 46 000 kusů uvedeného typu vřetena. Jsou tak nejčastěji vyráběným typem na lince. Za jednu směnu se na jednom stroji SP 12 CNC vyrobí 200ks vřeten (na druhém stroji se většinou vyrábí jiný typ).



Obrázek 1.4 Vřeteno č.v. 4HA 3503-038 s vyznačeným regulovaným znakem

4.1.1 Výpis z technologického postupu pro vřetení

V tabulce 1.4 je uveden výpis z technologického postupu pro vřetení č.v. 4HA 3503-038. Zvýrazněný úsek v tabulce popisuje pracoviště SP 12 CNC.

Tabulka 1.4 Výpis z technologického postupu s popisem kontrolních operací a prostředků u vřetení

Pracovní operace a popis práce	Kontrola	Použitý kontrolní prostředek	Četnost kontroly
Zarovnání a navrtání: - upnout do přípravku - vyrovnat - zarovnat, navrtat obě čela - začistit průměr	délky, průměru	251231 posuvné měřidlo 250, 251238 posuvné měřidlo 150	každý desátý kus
	navrtání	vizuálně	po dávce
Lisování: - nahřát na kovací teplotu - lisovat nákrůžek	délky, rozměru nákrůžku	251238 posuvné měřidlo 150, 251124 ocelová měrka 300	každý desátý kus
	háživosti	251811 číselníkový úchylkoměr 60, 251858 magnetický stojánek	
Žíhání: - žíhat	tvrdosti	000020 tvrdoměr RB1	tři kusy z dávky
Soustružení: - naložit vřetení do zásobníku - soustružit dle NC programu	průměru, délky	47-252-02 soustružnická měrka Ø 20 d11, digitální mikrometr 0-25, 251238 posuvné měřidlo 150, 251280 posuvný hloubkoměr 160	každý třetí kus
	drsnosti povrchu	250163 etalon drsnosti Rugotest 2632	
	háživosti	251811 číselníkový úchylkoměr 60, 251858 magnetický stojánek	po dávce
Soustružení: - naložit vřetení do zásobníku - opracovat dle NC programu	jehlanu	47-283-03 měrka jehlanu 14,3, 251238 posuvné měřidlo 150,	každý pátý kus
	závitu	48-012-02 měrka hloubky závitu M8, 254020 Mzt M8-6H,	
	drsnosti povrchu	250163 etalon drsnosti Rugotest 2632	
	sražení	vizuálně	
Válcování trapézového závitu: - vložení vřetení do zásobníku - válcovat závit zápichovým způsobem	délky	251420 mikrometr 0-25	každý desátý kus
	závitu	254220 Mzk Tr 18x4L-Se12, 254225 Mzk Tr 18x4L-Se12 zmetkový	

Poznámka: Dávka = tovární návrh nebo jeden díl návrhu, který se nachází ve výrobě

4.1.2 Stávající měřící zařízení

Pro účely odzkoušení metodiky SPC v tomto konkrétním případě je vhodné použití digitálního třmenového mikrometru. Pro vřeten dle výkresu 4HA 3503-038 je pro měření rozměru $\varnothing 20 \begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix}$ mm technologem předepsán digitální třmenový mikrometr o rozsahu 0÷25mm (třmenový mikrometr DIGIMATIC série 293-240; výrobce MITUTOYO). Hodnota jednoho dílku stupnice je 0,001mm. Výrobce udává jako největší dovolenou chybu měřidla pro tento typ a rozsah hodnotu $\pm 2\mu\text{m}$ (přesnost přesahující požadavky DIN 863). Použitím tohoto měřidla je tedy zajištěno dodržení tolerancí předepsaných na výkrese.

Vyhodnocení systému měření (mikrometru) dle kap. 2.5 odstavec MSA:

1) *Pravidlo deseti*

T – tolerance daná výkresem [mm] - 0,03 mm,

c – citlivost [mm] - 0,001 mm.

$$\frac{T}{c} = \frac{0,03}{0,001} = 30 > 10$$

měřící zařízení má odpovídající práh citlivosti. Tolerance je rozdělena na více než deset částí. Měřidlo je o řád přesnější než výrobní tolerance.

2) *Stabilita systému měření*

3) *Statistické vlastnosti*

U částí 2 a 3 se předpokládá splnění veškerých požadavků na měřící zařízení. Tyto body nejsou v studii konkrétně řešeny, protože práce se zabývá aplikací SPC metody do výrobního procesu a ne detailní analýzou systému měření - MSA.

4.1.3 Návrh měřícího a monitorovacího zařízení

V případě následné integrace metodiky SPC do výrobního procesu je vhodné navrhnout používání měřících prostředků s datovým výstupem – digitální třmenový mikrometr s datovým výstupem, a monitorovací zařízení – vyhodnocovaná mikroprocesorová jednotka s tiskárnou a propojovacím kabelem. Komplet lze dále doplnit rozhraním pro případný přenos dat do PC. Všechny části měřícího řetězce pochází z internetového katalogu měřidel firmy Mitutoyo. Podrobná technická data zmíněných komponent jsou uvedena příloze č.1 na konci této studie.

Tyto měřící a monitorovací zařízení velmi usnadní výrobnímu operátorovi práci s vedením regulačních karet. Věnuje se pouze výrobě a měření. Systém zamezuje vzniku chyb, které mohou vznikat operátorovým přičiněním. Po instalaci systému se změní pouze měřící prostředky, způsob měření zůstává stejný.

Jestliže by se k měřicímu zařízení dále přidal signální kabel spolu s rozhraním pro přenos dat do PC, pak by se data mohly dále zpracovávat pomocí softwarového systému MCOSMOS, který obsahuje MeasurLink. Tento program je speciálně určen pro statistické vyhodnocení dat.

4.2 Výběr stupně regulace

Na pracovišti SP 12 CNC ani jinde v podniku nebyla prozatím metoda SPC zavedena, proto je pro prvotní ověření v praxi navržena statistická regulace na regulačních diagramech vedených ručně.

Po ručním ověření využití metody SPC na lince vřeten se nabízí zpracování regulačních diagramů pomocí výpočetní techniky viz. kapitola 4.1.3.

4.2.1 Výběr typu regulačního diagramu

Vzhledem k charakteristice výrobního procesu se jeví jako optimální navržení použití regulačního diagramu pro střední hodnoty a rozpětí - (\bar{X}, R) podle obrázku 2.2. K nutným výpočtům na diagramu bude použit kapesní kalkulátor.

Po případném zavedení digitálního měřidla s datovým výstupem do kontrolního procesu se budou výpočty automaticky provádět v mikroprocesorové jednotce popřípadě na počítači viz. kapitola 4.1.3.

4.2.2 Vedení regulačního diagramu (\bar{X}, R)

Určení regulovaného znaku

Regulovaným znakem je průměr vřetene pod ucpávkou $\varnothing 20 \begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix}$ mm. Pro splnění těsnící funkce je nutné dodržení předepsaného rozměru.

Volba počtu a velikosti odběrů

Jelikož je nutno podchytit všechny možné vlivy vstupující do procesu, je navrženo provést dvacet pět možných odběrů, které jsou doporučené pro stanovení polohy a rozptylu procesu. Doporučená velikost odběru je pět za sebou jdoucích výrobků. Navržená frekvence odběru je každých třicet minut. Získá se tedy vzorek o velikosti 125ks. Lze tedy hovořit o dobrém testu stability sledovaného procesu.

Další postup vedení regulačního diagramu je již popsán kapitolách 2.4 a 2.5.

5. IMPLEMENTACE METODY SPC DO VÝROBNÍHO PROCESU

Pátá kapitola ověřuje metodiku SPC v provozních podmínkách na výrobní lince včetně. Jsou v ní uvedeny veškeré výpočty potřebné pro vedení regulačních diagramů. Diagramy jsou následně zpracovány a vyhodnoceny.

5.1 Specifikace podmínek procesu

V průběhu výrobního procesu bylo k obrábění vřetene použito následujících břitových destiček:

Hrubování: MITSUBISCHI DNMX 150608 – MW US 7020, čtyř-břítá, jeden břit obrobí cca 60 vřeten.
Na čisto: ISCAR DNMG 110404 – NF IC 907, čtyř-břítá, jeden břit obrobí cca 40 vřeten.

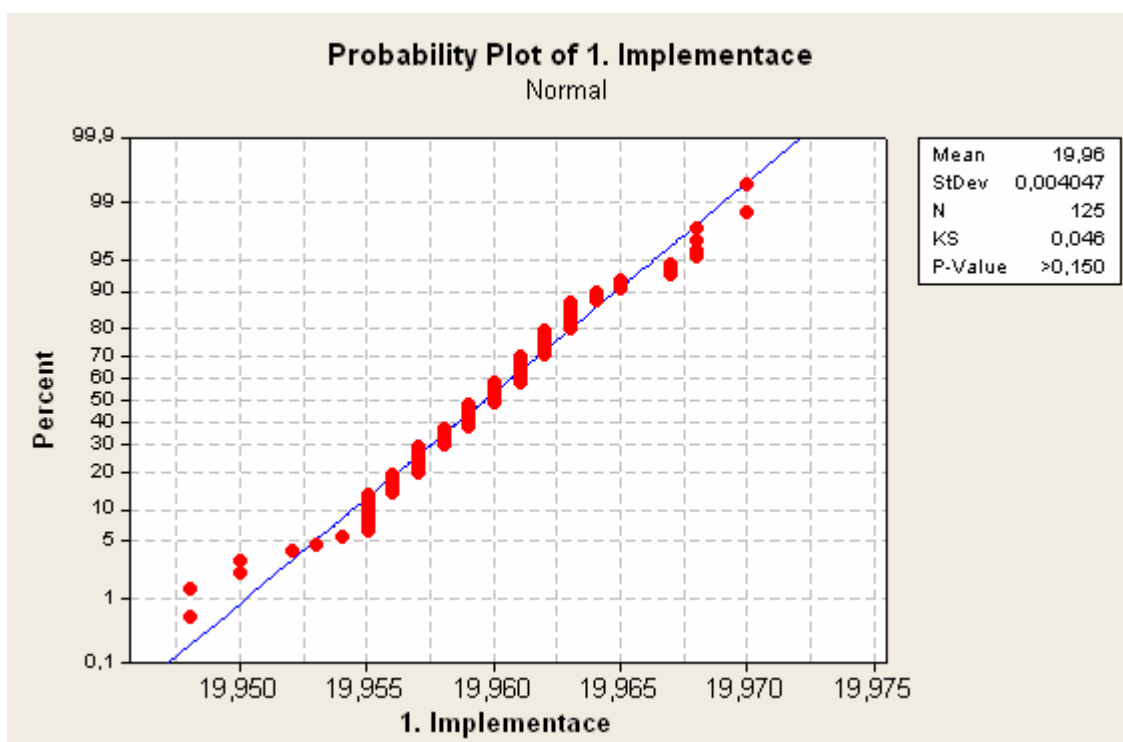
K chlazení byla použita emulze BLASTER BC – 25.

Měření kontrolovaného znaku bylo provedeno digitálním mikrometrem o rozsahu 0÷25mm, e. č. 3/54, kalibrovaného (ČSN 01 0115) dle interního kalibračního postupu JMA Hodonín.

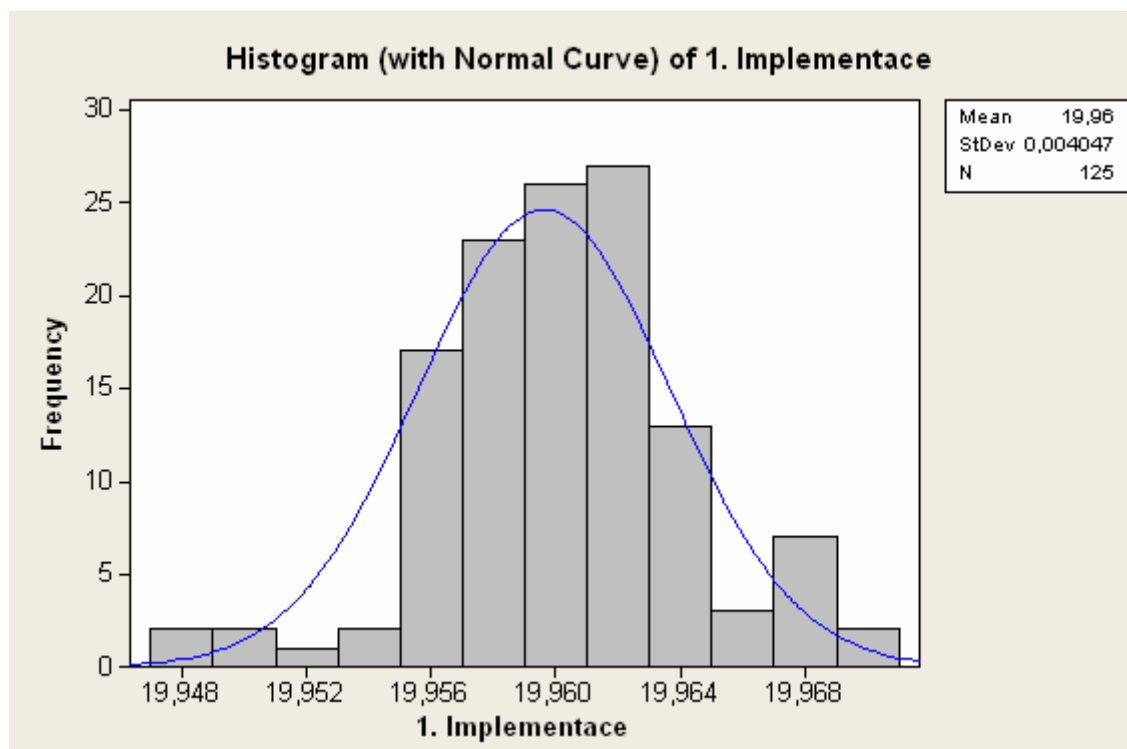
Odběry byly prováděny v půl hodinových intervalech, jeden odběr čítal pět vzorků. Sběr dat byl prováděn dvakrát - kvůli výsledkům po 1. implementaci viz. dále - ve dvou po sobě následujících směnách. Na základě získaných údajů byly zpracovány tři regulační diagramy.

5.2 Výpočet hodnot pro první regulační diagram – 1. Implementace

K výpočtům byly použity vzorce a koeficienty uvedené v oddíle 2.7 (všechny naměřené hodnoty jsou v regulačním diagramu uvedeném v příloze č. 2.). Před samotnými výpočty byl proveden test, zda naměřené hodnoty mají normální rozdělení. Testování bylo provedeno s využitím programu MINITAB Release 14, pomocí Kolmogrov-Smirnovova testu. Protože je P -hodnota větší než 0,150, může se předpokládat normální rozdělení pravděpodobnosti sledovaného znaku jakosti. Na obr.1.5 je výsledek testu. Obr. 2.5 zobrazuje histogram naměřených hodnot. Na základě naměřených a vypočtených hodnot byl zpracován regulační diagram – kompletní je uveden v příloze č. 2, zjednodušený je znázorněn na obr. 3.5.



Obrázek 1.5 Test normálního rozdělení podle Kolmogrova-Smirnova - 1. Implementace



Obrázek 2.5 Histogram pro průměr vřetena - 1. Implementace

Výpočty:

Průměr podskupiny (první):

$$\bar{X}_1 = \frac{x_1 + x_2 + \dots x_5}{5} = \frac{19,963 + 19,954 + 19,962 + 19,958 + 19,948}{5} = 19,957 \text{ mm}$$

Rozpětí podskupiny (první):

$$R_1 = x_{1\max} - x_{1\min} = 19,963 - 19,948 = 0,015 \text{ mm}$$

Výpočty hodnot dalších odběrů již zde nejsou provedeny, hodnoty následujících odběrů jsou uvedeny přímo v regulačním diagramu.

Celkový (totální) průměr:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots \bar{X}_{25}}{25} = \frac{19,957 + 19,9592 + \dots 19,9612}{25} = 19,95962 \text{ mm}$$

Průměrné rozpětí:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots R_{25}}{25} = \frac{0,015 + 0,006 + \dots 0,012}{25} = 0,00856 \text{ mm}$$

Odhad směrodatné odchylky pro \bar{X} :

$$\hat{\sigma}_C = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0,00856}{2,326} = 0,00368 \text{ mm}$$

Parametry diagramu:

Centrální přímka:

$$CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} = 19,9596 \text{ mm} \qquad CL_R = \bar{R} = 0,00856 \text{ mm}$$

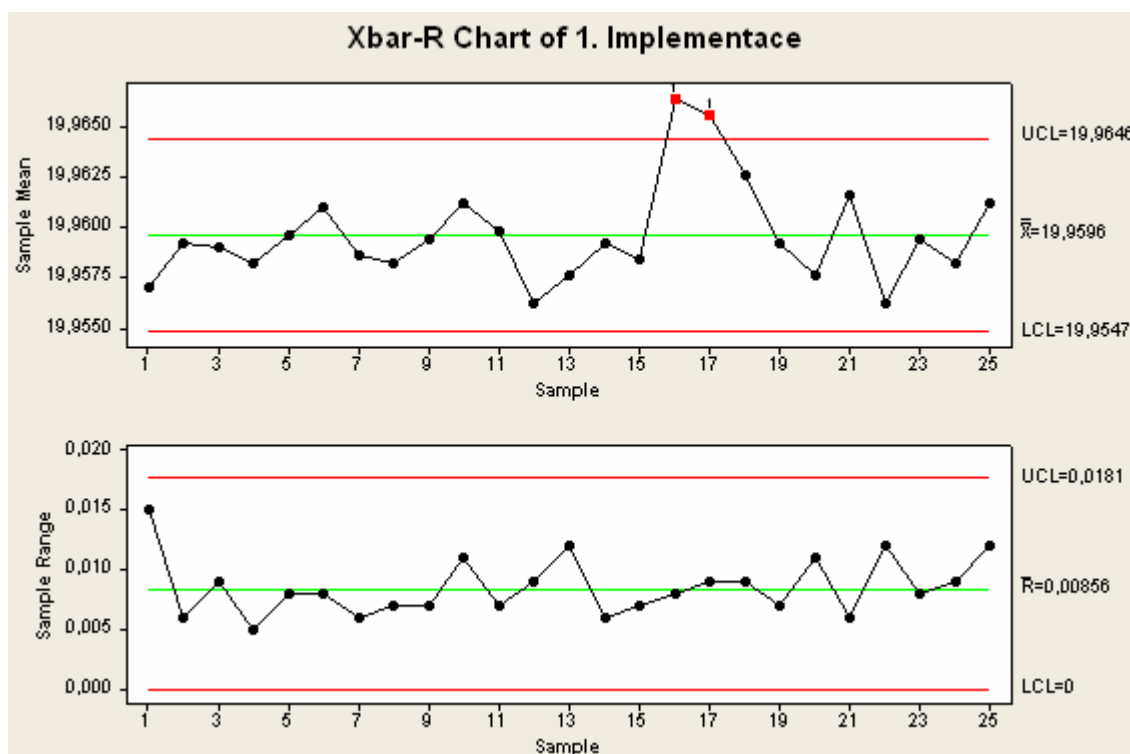
Regulační meze:

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 19,9596 + 0,577 \cdot 0,00856 = 19,9646 \text{ mm}$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 19,9596 - 0,577 \cdot 0,00856 = 19,9547 \text{ mm}$$

$$UCL_R = D_4 \bar{R} = 2,114 \cdot 0,00856 = 0,0181 \text{ mm}$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R} = 0 \cdot 0,00856 = 0 \text{ mm}$$



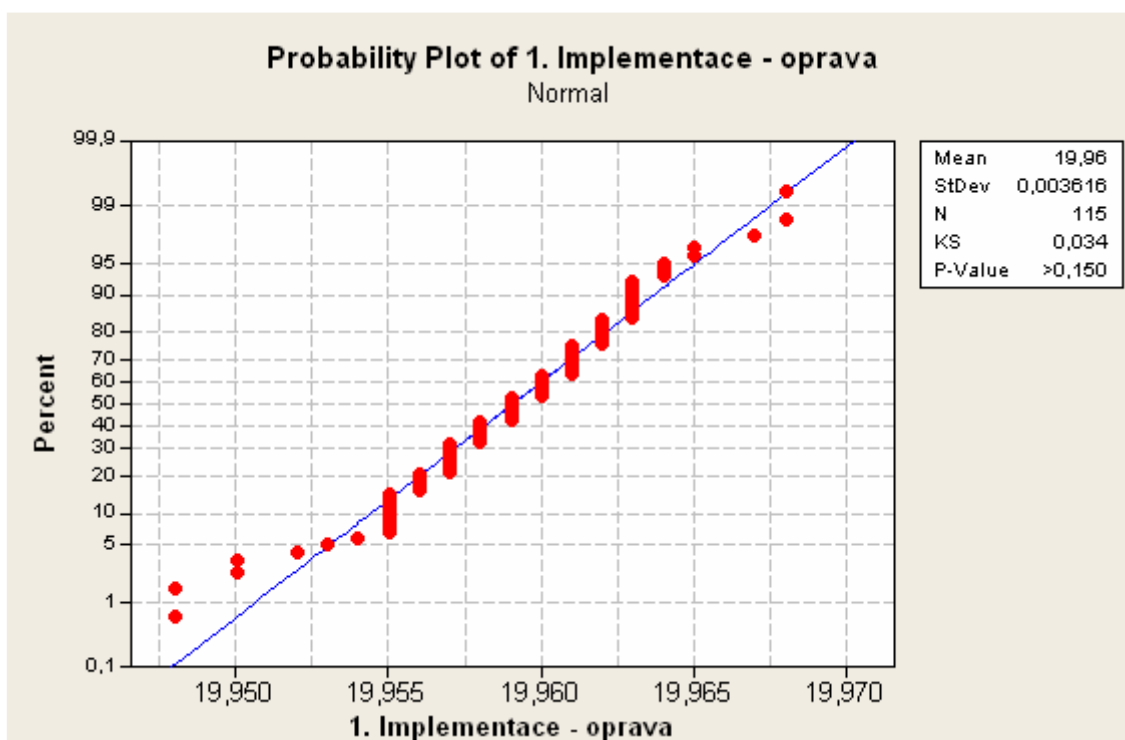
Obrázek 3.5 Zjednodušený regulační diagram - 1. Implementace

Interpretace regulačního diagramu - 1. Implementace

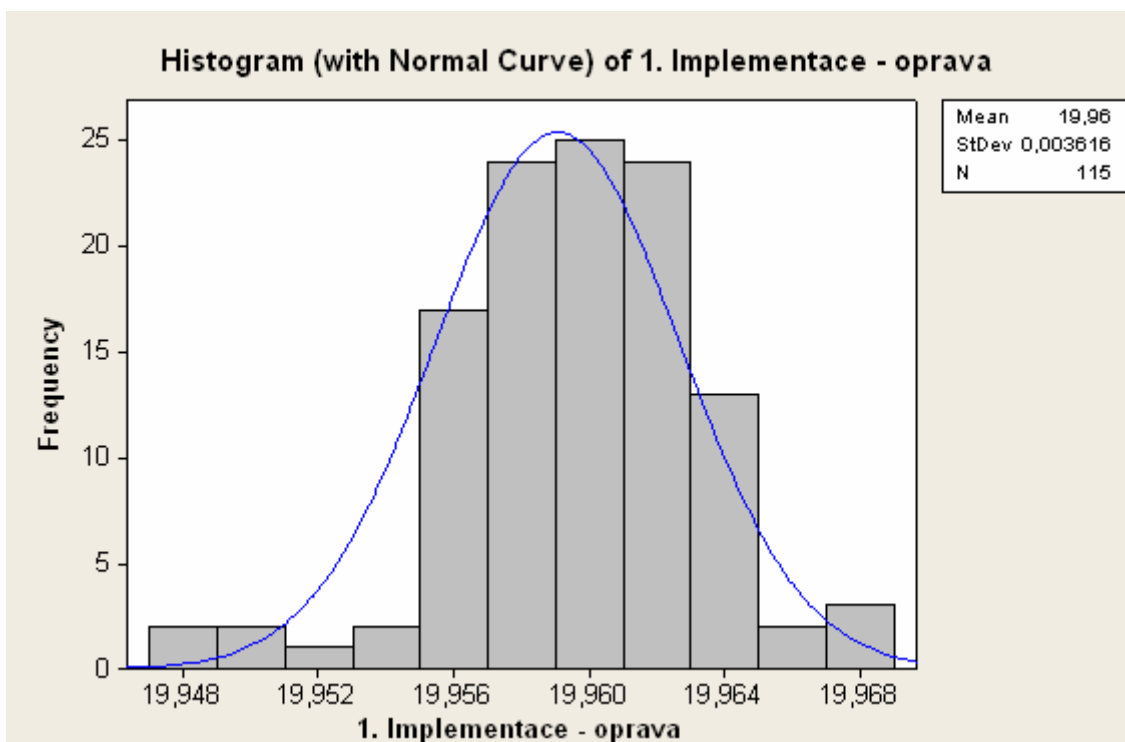
Při pohledu na diagram rozpětí je vidět, že jednotlivé hodnoty jsou rovnoměrně rozloženy kolem čáry reprezentující střední hodnotu. Nejsou zřejmé žádné zvláštní příčiny.

Na kartě středních hodnot je nápadná ostrá výchylka v časovém intervalu mezi 13:30 až 14:00. Proces je statisticky nestabilní, protože došlo k překročení horní meze zásahu (nebyly překročeny výrobní tolerance rozměru). Příčinou bylo nadměrné opotřebení břitů řezné destičky nástroje. Po výměně břitové destičky byla provedena ruční korekce v řídicím systému stroje. Díly zůstaly v pořádku. V dalších regulačních diagramech se nepředpokládá opakované překročení meze zásahu díky nadměrnému opotřebení břitů nástroje, protože k neúměrnému opotřebení břitů došlo pravděpodobně z důvodu vady materiálu břitové destičky.

V důsledku výskytu bodů mimo meze zásahu musí být hodnoty pro regulační diagram znovu přepočteny a regulační diagram se musí opětovně zkonstruovat (1. Implementace – oprava). Při přepočtu se neuvažují naměřené hodnoty v časových intervalech 13:30 a 14:00. Postup výpočtů je obdobný jako v kapitole 5.2. Kompletní regulační diagram 1. Implementace – oprava je uveden v příloze č. 3.



Obrázek 4.5 Test normálního rozdělení podle Kolmogrova-Smirnova - 1. Implementace - oprava



Obrázek 5.5 Histogram pro průměr vřetena - 1. Implementace - oprava

Přepočty regulačního diagramu:

Průměr podskupiny (první):

$$\bar{X}_1 = \frac{x_1 + x_2 + \dots x_5}{5} = \frac{0,963 + 0,958 + 0,962 + 0,958 + 0,958}{5} = 0,9598 \text{ mm}$$

Rozpětí podskupiny (první):

$$R_1 = x_{1\max} - x_{1\min} = 0,963 - 0,958 = 0,005 \text{ mm}$$

Průměr podskupiny (první):

$$\bar{X}_1 = \frac{x_1 + x_2 + \dots x_5}{5} = \frac{19,963 + 19,954 + 19,962 + 19,958 + 19,948}{5} = 19,957 \text{ mm}$$

Rozpětí podskupiny (první):

$$R_1 = x_{1\max} - x_{1\min} = 19,963 - 19,948 = 0,015 \text{ mm}$$

Celkový (totální) průměr:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots \bar{X}_{23}}{23} = \frac{19,957 + 19,9592 + \dots 19,9612}{23} = 19,95906 \text{ mm}$$

Průměrné rozpětí:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots R_{23}}{23} = \frac{0,015 + 0,006 + \dots 0,012}{23} = 0,00857 \text{ mm}$$

Odhad směrodatné odchylky pro X:

$$\sigma_C = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0,00857}{2,326} = 0,0037 \text{ mm}$$

Parametry diagramu:

Centrální přímká:

$$CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} = 19,9591 \text{ mm} \quad CL_R = \bar{R} = 0,00857 \text{ mm}$$

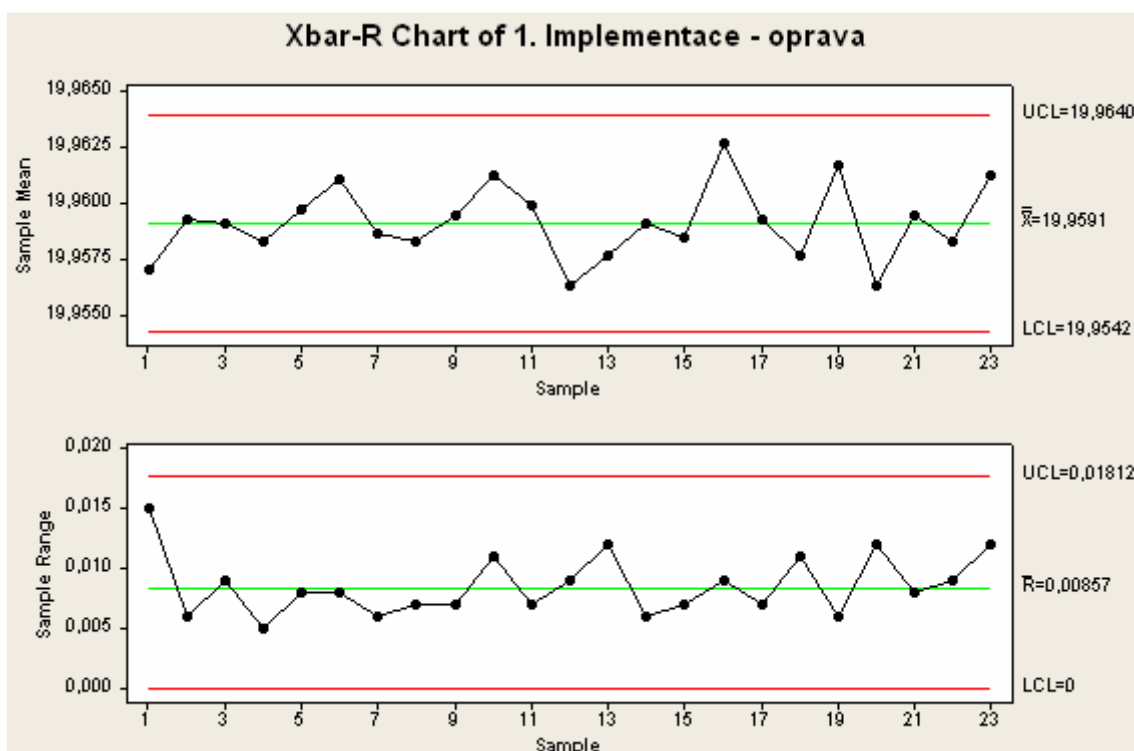
Regulační meze:

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 19,9591 + 0,577 \cdot 0,00857 = 19,964 \text{ mm}$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 19,9591 - 0,577 \cdot 0,00857 = 19,9542 \text{ mm}$$

$$UCL_R = D_4 \bar{R} = 2,114 \cdot 0,00857 = 0,01812 \text{ mm}$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R} = 0 \cdot 0,00857 = 0 \text{ mm}$$



Obrázek 6.5 Regulační diagram - 1. Implementace - oprava

Interpretace regulačního diagramu - 1. Implementace - oprava

Regulační diagramy poskytují důkaz toho, že proces je ve statisticky zvládnutém stavu (po vyřazení podskupin 16 a 17). Proces má pravděpodobně normální rozdělení (obr. 4.5 P -hodnota $>0,150$), tudíž můžou být vypočteny hodnoty ukazatelů způsobilosti procesu C_p a C_{pk} respektive P_p a P_{pk} .

Výpočet hodnot C_p a C_{pk} :

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_c} = \frac{USL - LSL}{6\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)} = \frac{19,97 - 19,94}{6\left(\frac{0,00857}{2,326}\right)} = \frac{0,03}{0,02211} = 1,36$$

$$C_{pk} = \min CPU, CPL$$

$$CPU = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma_c} = \frac{USL - \bar{X}}{3\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)} = \frac{19,97 - 19,9591}{3\left(\frac{0,00857}{2,326}\right)} = \frac{0,0109}{0,01105} = 0,99$$

$$CPL = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma_c} = \frac{\bar{X} - LSL}{3\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)} = \frac{19,9591 - 19,94}{3\left(\frac{0,00857}{2,326}\right)} = \frac{0,0192}{0,01105} = 1,74$$

$$\underline{C_p = 1,36 \quad C_{pk} = 0,99}$$

Výpočet hodnot P_p a P_{pk} :

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_p} = \frac{USL - LSL}{6s} = \frac{19,97 - 19,94}{6 \cdot 0,003616} = \frac{0,03}{0,0217} = 1,38$$

$$\sigma_p \approx s = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{23} \frac{(x_i - 19,9591)^2}{23-1}} = 0,003616$$

$$P_{pk} = \min PPU, PPL$$

$$PPU = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma_p} = \frac{USL - \bar{X}}{3s} = \frac{19,97 - 19,9591}{3 \cdot 0,003616} = \frac{0,0109}{0,01085} = 1,00$$

$$PPL = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma_p} = \frac{\bar{X} - LSL}{3s} = \frac{19,9591 - 19,94}{3 \cdot 0,003616} = \frac{0,0191}{0,01085} = 1,76$$

$$\underline{P_p = 1,38} \quad \underline{P_{pk} = 1,00}$$

Interpretace hodnot indexů způsobilosti

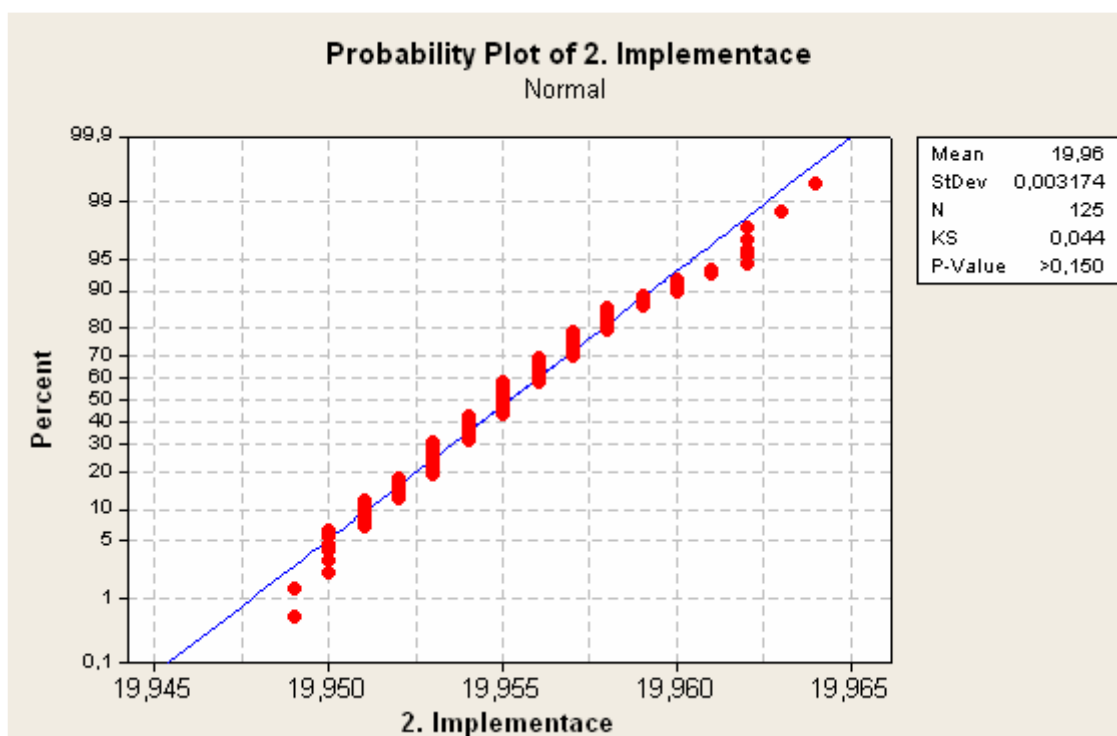
C_p není přibližně rovno C_{pk} , P_p není přibližně rovno P_{pk} . Tyto obě skutečnosti ukazují, že proces není dobře centrován. Protože C_p a P_p jsou skoro stejné, existuje jen velmi malé kolísání mezi podskupinami. Velký rozdíl mezi C_{pk} a P_{pk} by mohl signalizovat přítomnost nadměrného kolísání mezi podskupinami. Hodnoty C_p a P_{pk} jsou relativně vysoké, to znamená, že pokud proces zůstane ve statisticky zvládnutém stavu, je schopen produkovat prakticky nulový podíl neshodných výrobků.

Z výše uvedeného vyplývá možnost zlepšení centrování procesu. Toho se dosáhne pomocí přenastavení stroje. Stroj se nastaví při obrábění průměru vřetene na čisto na průměr 19,955, tím by mělo dojít ke zlepšení centrování procesu, potažmo ke zvýšení ukazatelů C_{pk} a P_{pk} . Po tomto zásahu do procesu byl zpracován další regulační diagram – 2. Implementace.

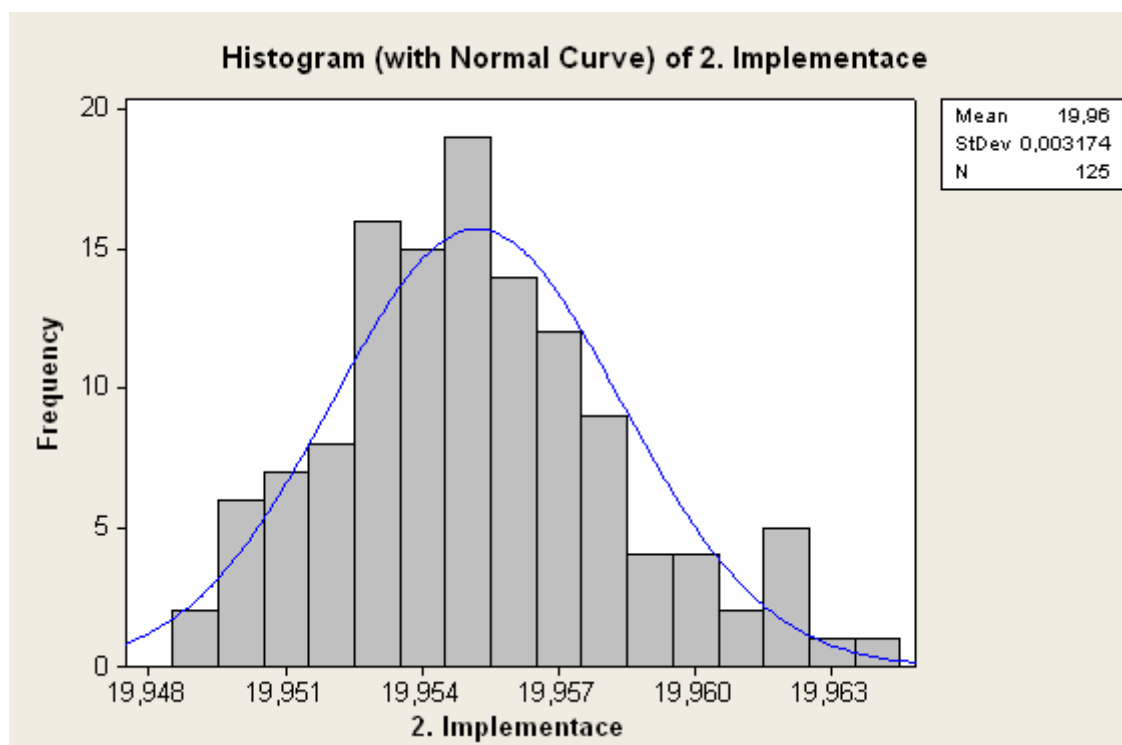
5.3 Výpočet hodnot pro druhý regulační diagram – 2. Implementace

Kvůli ověření zlepšení centrování procesu po přenastavení obráběcího stroje byl vypracován, spolu s výpočty indexů způsobilosti, další regulační diagram (2. Implementace).

Postup odběru vzorků vychází z kapitoly 5.1. K výpočtům byly opět použity vzorce a koeficienty uvedené v oddíle 2.7 (všechny naměřené hodnoty jsou v regulačním diagramu uvedeném v příloze č. 4). Před samotnými výpočty byl znova proveden test, zda naměřené hodnoty mají normální rozdělení. Testování bylo provedeno s využitím programu MINITAB Release 14, pomocí Kolmogrov-Smirnovova testu. Protože je P -hodnota větší než 0,150, může se předpokládat normální rozdělení pravděpodobnosti sledovaného znaku jakosti. Na obr.7.5 je výsledek testu. Obr. 8.5 zobrazuje histogram naměřených hodnot. Na základě naměřených a vypočtených hodnot byl zpracován regulační diagram – kompletní je uveden v příloze č. 4, zjednodušený je znázorněn na obr. 9.5.



Obrázek 7.5 Test normálního rozdělení podle Kolmogrova-Smirnova - 2. Implementace



Obrázek 8.5 Histogram pro průměr vřetena - 2. Implementace

Výpočty:

Průměr podskupiny (první):

$$\bar{X}_1 = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_5}{5} = \frac{0,957 + 0,953 + 0,954 + 0,954 + 0,964}{5} = 19,9564 \text{ mm}$$

Rozpětí podskupiny (první):

$$R_1 = x_{1\max} - x_{1\min} = 19,964 - 19,953 = 0,011 \text{ mm}$$

Celkový (totální) průměr:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_{25}}{25} = \frac{19,9564 + 19,955 + \dots + 19,9568}{25} = 19,95519 \text{ mm}$$

Průměrné rozpětí:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_{25}}{25} = \frac{0,011 + 0,007 + \dots + 0,01}{25} = 0,00808 \text{ mm}$$

Odhad směrodatné odchylky pro \bar{X} :

$$\hat{\sigma}_C = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0,00808}{2,326} = 0,00347 \text{ mm}$$

Parametry diagramu:

Centrální přímká:

$$CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} = 19,9552 \text{ mm} \qquad CL_R = \bar{R} = 0,00808 \text{ mm}$$

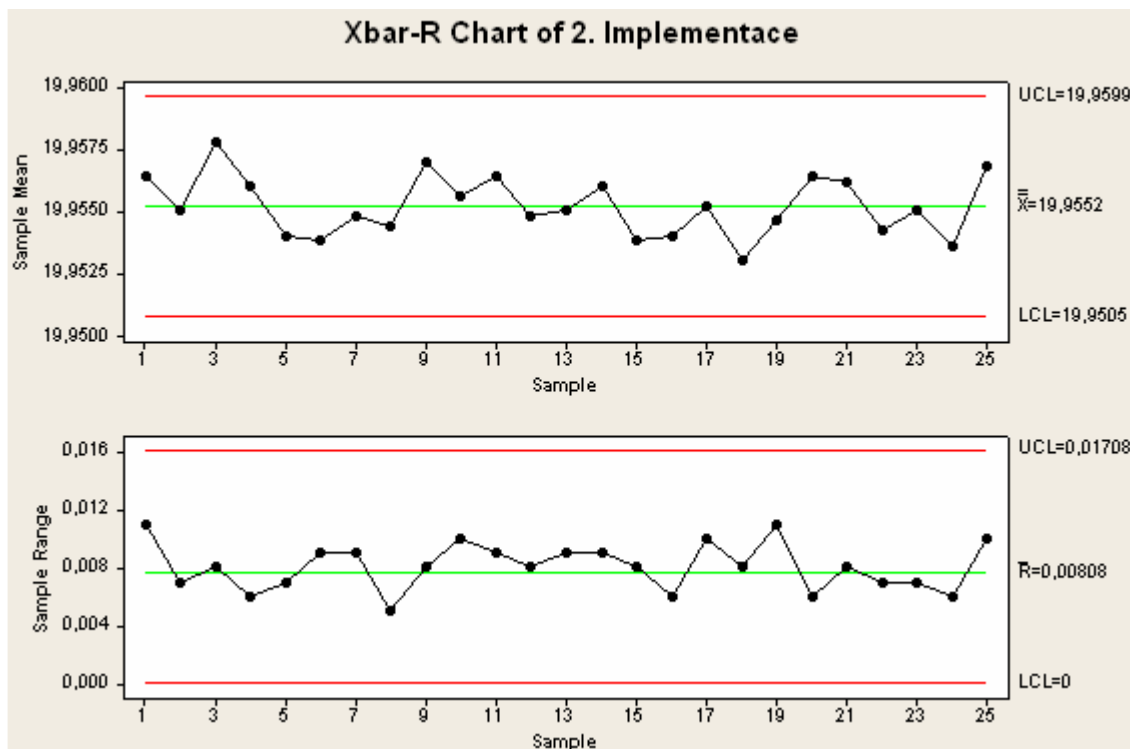
Regulační meze:

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 19,9552 + 0,577 \cdot 0,00808 = 19,9599 \text{ mm}$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 19,9552 - 0,577 \cdot 0,00808 = 19,9505 \text{ mm}$$

$$UCL_R = D_4 \bar{R} = 2,114 \cdot 0,00808 = 0,01708 \text{ mm}$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R} = 0 \cdot 0,00808 = 0 \text{ mm}$$



Obrázek 9.5 Regulační diagram - 2. Implementace

Interpretace regulačního diagramu - 2. Implementace

Při pohledu na diagram rozpětí je vidět, že jednotlivé hodnoty jsou rovnoměrně rozloženy kolem čáry reprezentující střední hodnotu. Nejsou zřejmé žádné zvláštní příčiny. Obdobně je tomu také u diagramu středních hodnot, opět na proces nepůsobí žádné zvláštní příčiny. Proces je tedy schopen plnit požadavky zákazníka.

Regulační diagramy poskytují důkaz toho, že proces je ve statisticky zvládnutém stavu. Pro tato data lze tedy vypočítat ukazatele způsobilosti procesu C_p a C_{pk} respektive P_p a P_{pk} .

Výpočet hodnot C_p a C_{pk} :

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_c} = \frac{USL - LSL}{6\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)} = \frac{19,97 - 19,94}{6\left(\frac{0,00808}{2,326}\right)} = \frac{0,03}{0,02084} = 1,47$$

$$C_{pk} = \min CPU, CPL$$

$$CPU = \frac{USL - \bar{\bar{X}}}{3\sigma_c} = \frac{USL - \bar{\bar{X}}}{3,0,00347} = \frac{19,97 - 19,9552}{0,01041} = \frac{0,0148}{0,01041} = 1,44$$

$$CPL = \frac{\bar{\bar{X}} - LSL}{3\sigma_c} = \frac{\bar{\bar{X}} - LSL}{3,0,00347} = \frac{19,9552 - 19,94}{0,01041} = \frac{0,0152}{0,01041} = 1,46$$

$$\underline{C_p = 1,47} \quad \underline{C_{pk} = 1,44}$$

Výpočet hodnot P_p a P_{pk}

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_p} = \frac{USL - LSL}{6s} = \frac{19,97 - 19,94}{6,0,003174} = \frac{0,03}{0,019044} = 1,56$$

$$\sigma_p \approx s = \sqrt{\sum_1^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\sum_1^{25} \frac{(x_i - 19,9545)^2}{25-1}} = 0,003174$$

$$Ppk = \min PPU, PPL$$

$$PPU = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma_p} = \frac{USL - \bar{X}}{3s} = \frac{19,97 - 19,9552}{3 \cdot 0,003174} = \frac{0,0148}{0,009522} = 1,53$$

$$PPL = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma_p} = \frac{\bar{X} - LSL}{3s} = \frac{19,9552 - 19,94}{3 \cdot 0,002312} = \frac{0,0152}{0,006936} = 2,19$$

$$\underline{P_p = 1,56} \quad \underline{P_{pk} = 1,53}$$

Interpretace hodnot indexů způsobilosti

C_p je přibližně rovno C_{pk} , P_p je rovněž přibližně rovno P_{pk} . Tyto obě skutečnosti ukazují, že proces je dobře centrován. Protože C_p a P_p jsou přibližně stejné, existuje jen velmi malé kolísání mezi podskupinami. Hodnoty všech ukazatelů jsou relativně vysoké, to znamená, že pokud proces zůstane ve statisticky zvládnutém stavu, je schopen produkovat prakticky nulový podíl neshodných výrobků. Velký rozdíl mezi C_{pk} a P_{pk} by mohl signalizovat přítomnost nadměrného kolísání mezi podskupinami. Velký rozdíl mezi C_p a C_{pk} (podobně i mezi P_p a P_{pk}) by mohl signalizovat problém s centrováním procesu.

5.4 Zhodnocení regulačních diagramů

Při implementaci regulačních diagramů do výrobního procesu bylo nutno zpracovat tři regulační diagramy. První regulační diagram (uveden příloze č.2 - 1. Implementace) vypovídá o procesu bez předchozí statistické regulace. Jsou v něm zřetelné dva body mimo meze zásahu, ke kterým došlo díky nadměrnému opotřebení břitů nástroje (příčinou byla pravděpodobně vada materiálu břitové destičky). Sledovaný proces se nenacházel ve statisticky zvládnutém stavu. Protože došlo k překročení mezí zásahu, tak musely být přepočítány UCL , LCL a CL . Díky tomu byl zpracován druhý regulační diagram (uveden v příloze č.3 - 1. Implementace - oprava). Druhý regulační diagram vychází z prvního. Sledovaný proces se již nachází ve statisticky zvládnutém stavu, a proto mohly být vypočteny hodnoty ukazatelů způsobilosti. Po jejich analýze bylo provedeno přenastavení stroje kvůli nedostatečnému centrování procesu. Po zásahu do procesu byl zpracován poslední regulační diagram (uveden v příloze č.4 - 2. Implementace). Třetí regulační diagram i s ukazateli způsobilosti je po všech stránkách v pořádku. Proces je ve statisticky zvládnutém stavu a je schopen plnit požadavky zákazníka.

Na základě praktického ověření v podmínkách provozu je možno říci, že metodika navržená pro výrobu vřeten je platná a pro regulaci daného procesu má dostatečnou vypovídající schopnost. Sledování procesu umožňuje kromě preventivních opatření také zprostředkované informace o životnosti nástrojů i vlastním opotřebení stroje. V případě omezení systematických vlivů na daném pracovišti, bude pro kontrolu postačující odběr v hodinových intervalech 5-ti po sobě následujících vzorků.

Všechny uvedené důvody vypovídají pro další zmechanizování metodiky SPC pomocí monitorovacího a měřicího zařízení navrženého v kapitole 4.1.3. Regulace pochopitelně neznamená úplné odstranění neshodných výrobků na tomto pracovišti. Zůstává možnost vzniku neshodného výrobku díky závadám v předchozích článcích výrobní linky. Významnou příčinnou mající vliv na výrobu neshodného vřetene jsou nepřesně navrtané středící dülky. Následná ztráta geometrického tvaru vřetene je již neopravitelná. Tato závada se vyskytuje u jednoho kusu ze zhruba 400 kusů vyrobených.

6. EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Za jednu směnu strojního pracoviště se vyrobí 200 kusů vřeten typu 4HA 3503 – 038. Dle dlouhodobého statistického sledování výskytu zmetkovitosti je neshodný 1 kus na 200 kusů vyrobených. Na jedno strojní pracoviště SP 12 CNC připadá 230 směn ročně (počet vyrobených kusů za rok 2007 dělený počtem kusů vyrobených za směnu).

Po zavedení metodiky SPC je předpokládáno snížení počtu neshodných výrobků tak, že počet neshodných výrobků klesne na 1 kus na 400 kusů vyrobených. Cena jednoho vřetene v rozpracovanosti (po soustružení) činí 247 Kč. Investice do měřicího a monitorovacího zařízení pro jedno pracoviště je dle aktuálního ceníku firmy Mitutoyo 15 640 Kč s DPH (mikrometr 5229 Kč, miniprocessor 8633 Kč a propojovací kabel 1779 Kč).

Porovnání současného stavu s navrženou metodou je v tabulce 1.6.

Tabulka 1.6 Ekonomické hodnocení - aktuální stav / metoda SPC

Ukazatel	Aktuální stav	Ukazatel	Metoda SPC
Roční produkce Q_T [ks/rok]	46 000	Roční produkce Q_T [ks/rok]	46 000
Neshodné výrobky Q_{n1} [ks/rok]	230	Neshodné výrobky Q_{n2} [ks/rok]	115
Q_{n1} / Q_T 100[%]	0,50	Q_{n2} / Q_T 100 [%]	0,25
Náklady na neshodné výrobky N_{n1} [Kč]	56 810	Náklady na neshodné výrobky N_{n1} [Kč]	28 405
		Investice do nového zařízení N_{inv} [Kč]	15 640

Kalkulace metody SPC

Úspory

$$\dot{U}_{sp} = N_{n1} - N_{n2} = 56\,810 - 28\,405 = 28\,405 \text{ Kč}$$

Rentabilita

$$R_e = \frac{\dot{U}_{sp}}{N_{inv}} \cdot 100 = \frac{28\,405}{15\,640} \cdot 100 = 181,62 \%$$

Návratnost

$$N_a = \frac{N_{inv}}{\dot{U}_{sp}} = \frac{15\,640}{28\,405} = 0,55 \text{ roku}$$

Výše uvedené ekonomické propočty potvrzují, že investice do nového zařízení se vyplatí a vzniklé náklady se během zhruba šesti měsíců vrátí. K těmto skutečnostem je ještě třeba připočíst úsporu pracnosti výrobního operátora, která spočívá nejen v úspoře času spotřebovaného na kontrolní měření, ale je i dána úsporou práce spotřebované na případnou opravu neshodných, ale opravitelných kusů.

Tyto úspory v překrytém času výrobního operátora mohou být využity např. k manipulaci s materiálem mezi pracovištěm a meziskladem, kterou v současnosti zajišťuje manipulační pracovník provozu strojírny.

7. ZÁVĚR

Cílem této práce je navržení aplikace SPC metody do výrobního procesu pro firmu Jihomoravská armaturka spol. s r. o. Konkrétně se jedná o využití SPC metody na výrobní lince, která produkuje vřetena do vodárenských armatur. Protože se na lince vyrábějí různé druhy vřeten, tak byl zvolen (díky největší roční produkci) jeden konkrétní typ vřetene – vřeteno pro přírubové uzavírací šoupátko EKO – Plus PN 16 DN 40. Na něm byl vybrán jeden rozměr, který je nejdůležitější z hlediska funkce celé armatury (průměr vřetena pod ucpávkou) pro aplikaci metody SPC. Pro výše zmíněný rozměr byla navržena a ověřena metodika SPC. Součástí studie bylo také navržení měřicího a monitorovacího zařízení v případě trvalé aplikace SPC do výrobního procesu.

Při implementaci byly zpracovány tři regulační diagramy. V prvním regulačním diagramu se vyskytly dva body mimo meze zásahu. Překročení mezí bylo způsobeno nadměrným opotřebením břitů nástroje. V návaznosti na první regulační diagram byl zpracován druhý (vyjmutí podskupin zapříčiňujících překročení mezí zásahu). Po vyřazení podskupin byl již proces ve statisticky zvládnutém stavu. Následně byly vypočteny a zhodnoceny ukazatele C_p , C_{pk} , P_p a P_{pk} . Po jejich analýze bylo navrženo seřízení obráběcího stroje z důvodu zlepšení centrování procesu. Poslední regulační diagram, který byl zpracován po zásazích do procesu, vypovídá o statisticky zvládnutém a dobře centrovaném procesu. Praktické provedení prokázalo, že sledované pracoviště je způsobilé pro statistickou regulaci. Navržená metodika má dostatečnou citlivost a vypovídací schopnost k činitelům ovlivňující jakost výroby.

V případě zařazení navržené metody a měřicího zařízení do systému kontroly jakosti výrobního procesu vypovídá technicko-ekonomické hodnocení ve prospěch SPC metody s těmito výsledky:

- roční úspora na neshodných výrobcích je 28 405 Kč,
- investice do nového zařízení činí 15 640 Kč,
- ekonomická návratnost investic je šest měsíců,
- uspoří se čas potřebný na kontrolní měření.

Výhledově by bylo možno metodu SPC v různých modifikacích aplikovat nejen u jiných typů vřeten ale i v dalších částech výroby JMA. Při tomto rozšíření je však již nutno počítat s propojením jednotlivých měřicích a monitorovacích zařízení na podnikový CAQ systém obsahující vhodný SPC modul.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MICHÁLEK, Jiří. *Statistická regulace procesů (SPC) : příručka*. 2. vyd. Praha : Česká společnost pro jakost, 2006. 216 s. Terminologický slovník. ISBN 80-02-01810-9.
- [2] ČSN ISO 8258:1994. *Shewharovy regulační diagramy*. 1994.
- [3] TOŠENOVSKÝ, Josef, NOSKIEVIČOVÁ, Darja. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. Ostrava : Montanex, 2000. 362 s. ISBN 80-7225-040-X.
- [4] MLČOCH, Lubomír, SLIMÁK, Ivan. *Řízení kvality a strojírenská metrologie : celostátní vysokoškolská učebnice pro strojírenské fakulty vysokých škol technických*. 1. vyd. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1987. 330 s.
- [5] *Analýza systémů měření (MSA) : příručka* . 3. vyd. Praha : Česká společnost pro jakost, 2003. xvi, 233 s. Terminologický slovník. ISBN 80-02-01562-2 .
- [6] KOPL, P. *Hodnocení kontrolních systémů ve výrobě armatur*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2006. 83 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Pernikář, CSc.
- [7] Materiály firmy Jihomoravská armaturka spol. s r.o.
- [8] Katalog měřidel Mitutoyo Česko spol. s. r. o.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

A_2	[-]	koeficient pro výpočet
CL	[mm]	centrální přímka
CL_R	[mm]	centrální přímka pro regulační diagram pro rozpětí
$CL_{\bar{X}}$	[mm]	centrální přímka pro regulační diagram pro průměr
C_p	[-]	ukazatel způsobilosti procesu
C_{pk}	[-]	ukazatel způsobilosti procesu
DN	[mm]	jmenovitá světlost
JMA		Jihomoravská armaturka spol. s r.o.
LCL	[mm]	horní regulační mez
LCL_R	[mm]	horní regulační mez pro regulační diagram pro rozpětí
$LCL_{\bar{X}}$	[mm]	horní regulační mez pro regulační diagram pro průměr
LSL	[mm]	dolní mezní rozměr
MR	[mm]	klouzavé rozpětí
N_{inv}	[Kč]	náklady na investice do nového zařízení
N_{nl}	[Kč]	náklady na neshodné výrobky
PN	[mm]	jmenovitý tlak
P_p	[-]	ukazatel výkonnosti procesu
P_{pk}	[-]	ukazatel výkonnosti procesu
Q_n	[ks/rok]	množství neshodných výrobků
Q_T	[ks/rok]	množství roční produkce
R	[mm]	rozpětí podskupiny
\bar{R}	[mm]	průměrné rozpětí
R_e	[%]	rentabilita
SPC		Statistické řízení a regulace výrobního procesu
T	[mm]	tolerance
\bar{X}	[mm]	průměr podskupiny
$\bar{\bar{X}}$	[mm]	celkový průměr
UCL	[mm]	dolní regulační mez
UCL_R	[mm]	dolní regulační mez pro regulační diagram pro rozpětí
$UCL_{\bar{X}}$	[mm]	dolní regulační mez pro regulační diagram pro průměr
USL	[mm]	horní mezní rozměr
c	[mm]	citlivost
d_2	[-]	koeficient pro výpočet
k	[-]	počet podskupin použitých pro výpočet celkového průměru a průměrného rozpětí
I	[mm]	individuální hodnota
n	[-]	počet vzorků v podskupině
s	[mm]	výběrová směrodatná odchylka
\bar{x}	[mm]	aritmetický průměr
$\hat{\sigma}_c$	[mm]	odhad směrodatné odchylky pro \bar{X}
σ_p	[mm]	celkové kolísání
$\hat{\sigma}_{\bar{X}}$	[mm]	odhad směrodatné odchylky pro \bar{X}

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1: Navrhovaná měřicí a monitorovací zařízení

Příloha č.2: Regulační diagram – 1. Implementace

Příloha č.3: Regulační diagram – 1. Implementace – oprava

Příloha č.4: Regulační diagram – 2. Implementace

PŘÍLOHY

PŘÍLOHA Č.1 Navrhovaná měřicí a monitorovací zařízení

Třmenový mikrometr DIGIMATIC

• Digitální standardní třmenový mikrometr s ochranou IP-65.

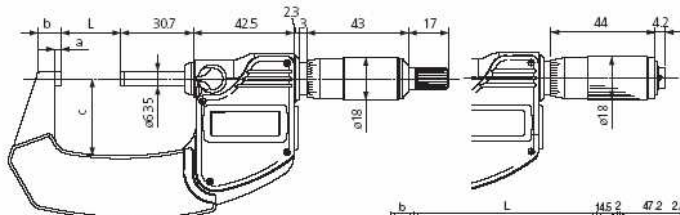
Série 293

s výstupem dat

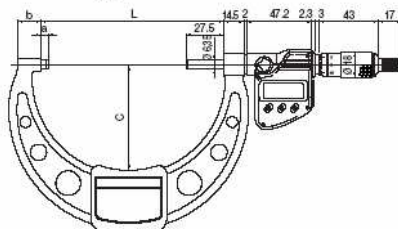


Rozsah měření mm	č.	Mezní dyba* μm	L mm	a mm	b mm	c mm	Hmotnost g
S řehačkou (normální provedení)							
0- 25	293-230	2	—	2,8	9,0	25,0	270
25- 50	293-231	2	25,0	2,8	9,8	32,0	330
50- 75	293-232	2	50,0	2,8	12,6	47,0	470
75-100	293-233	3	75,0	2,8	14,0	60,0	625
100-125	293-250	3	132,8	5,3	16,7	76,5	600
125-150	293-251	3	158,2	5,7	18,8	91,0	740
150-175	293-252	4	183,6	6,1	19,1	103,1	800
175-200	293-253	4	208,8	6,3	18,2	115,3	970
200-225	293-254	4	234,2	6,7	16,8	126,8	1100
225-250	293-255	5	258,0	5,5	18,0	139,8	1270
250-275	293-256	5	284,0	6,5	18,0	152,3	1340
275-300	293-257	5	309,0	6,5	18,0	166,0	1540
S bubinkovou řehačkou							
0- 25	293-234	2	—	2,8	9,0	25,0	270
25- 50	293-235	2	25,0	2,8	9,8	32,0	330
50- 75	293-236	2	50,0	2,8	12,6	47,0	470
75-100	293-237	3	75,0	2,8	14,0	60,0	625
S třecím bubínkem							
0- 25	293-238	2	—	2,8	9,0	25,0	270
Sady							
0- 50	293-966	Obsahuje: 293-230, 293-231					
0- 75	293-962	293-230, 293-231, 293-232					
0-100	293-963	293-230, 293-231, 293-232, 293-233					

* Přesnost přesahující požadavky DIN 863



Rozsah měření do 0-100 mm



Rozsah měření do 100-300 mm

Funkce	Série 293
ORIGIN do 100 mm	•
ZERO/ABS	•
Preset od 100 mm (nahrazuje tlačítko ORIGIN)	•
HOLD	•
Výstup dat	•

Technické parametry

Přesnost: Výrobní norma
Číslicový krok: 0,001 mm
Stupnice: Na bubínku a na pouzdrě
matně chromovaná
Měřicí plochy: Osazené tvrdokovem,
broušené, jemně lapované
Třmen: Lakovaný
Měřicí síla: 5-10 N

Včetně pouzdra, klíče, 1 baterie,
Nastavovací měrky od 25 mm do 50 mm
s výrobním certifikátem

Zvláštní příslušenství

č. 05CZA662 Signální kabel s tlačítkem data (1 m)

č. 05CZA663 Signální kabel s tlačítkem data (2 m)

Spotřební materiál

č. 938882 Baterie SR-44



s řehačkou (normální provedení)



Bubinkovou řehačkou



Třecí bubínek



Vysoká odolnost vůči oleji a chemikáliím díky použití
vybraných materiálů.

Miniprocessor DIGIMATIC typ DP-1 VR

- DP-1 VR Mitutoyo je tak kompaktní, že se vám pohodlně vejde do dlaně. Přesto však můžete pomocí tohoto praktického přístroje vytisknout a statisticky zpracovat hodnoty, které jste naměřili posuvnými měřítky, třmenovými mikrometry a jinými drobnými měřicími přístroji, vybavenými výstupem DIGIMATIC.
- Termotiskárna, kterou pohodlně spustíte zmáčknutím tlačítka, pracuje rychle a nehlukně. Díky dobré kvalitě papíru jsou tisky vhodné i pro dlouhodobější uschování.
- V případě potřeby lze pomocí kabelu RS-232 C pořízená data předat k dalšímu použití do počítače.
- jednoduchá funkce tisku
- dobře čitelné velké znaky
- načítání měřených dat závislé na nastavení časovače (funkce hodin)
- lze zaznamenat až 9.999 dat

série 264



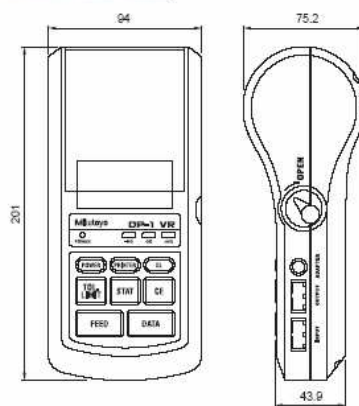
č. 264-504 D (DP-1 VR)



Příklad použití



č. 937179 T



Rozměry v mm

Technické parametry

č. 264-504 D	DP-1 VR
Metoda tisku:	termotiskárna
Rozlišení tisku:	384 bodů (8 bodů na mm)
Rychlost tisku:	6,5 mm/s (při použití síťového adaptéru)
Zásoba papíru:	48 m v roličky
Kapacita tisku:	cca 6500 řádků při tisku velkých znaků cca 12.000 řádků u malých znaků
Kapacita zpracování:	režim 1/2/3: 9.999 dat režim 0: 100.000 dat
Tisknuté údaje:	naměřené hodnoty; dobrý/zmetek, počet hodnot, max./min., rozpětí; stř. hodnota, směrodatná odchylka, počet zmetků, procento zmetků, index schopnosti procesu, histogram, regulační karta Xd, meze zásahu; datum a čas
Výstup dat:	naměřené hodnoty přes rozhraní RS-232 C, nebo vyhodnocení dobrý/zmetek
Intervaly snímání:	0,25 s; 1 s; 5 s; 30 s; 1 min; 30 min; 60 min (0,25 s; pouze statistické funkce)
Napájení:	síťový adaptér 6 V (není kompatibilní s předcházejícím modelem DP-1 HS) akumulátory: LR6 nebo NI-MH (akumulátory nejsou v přístroji nabíjeny)
Životnost akumulátoru:	10 let pro zálohovací baterii; 10.000 tiskových řádků při použití akumulátorů NI-MH (dobíjí se)
Provozní teplota:	při provozu se síťovým adaptérem: 0° až 45° C při provozu s akumulátory: 10° až 45° C
Skladovací teplota:	-10° až 50° C

Standardní příslušenství

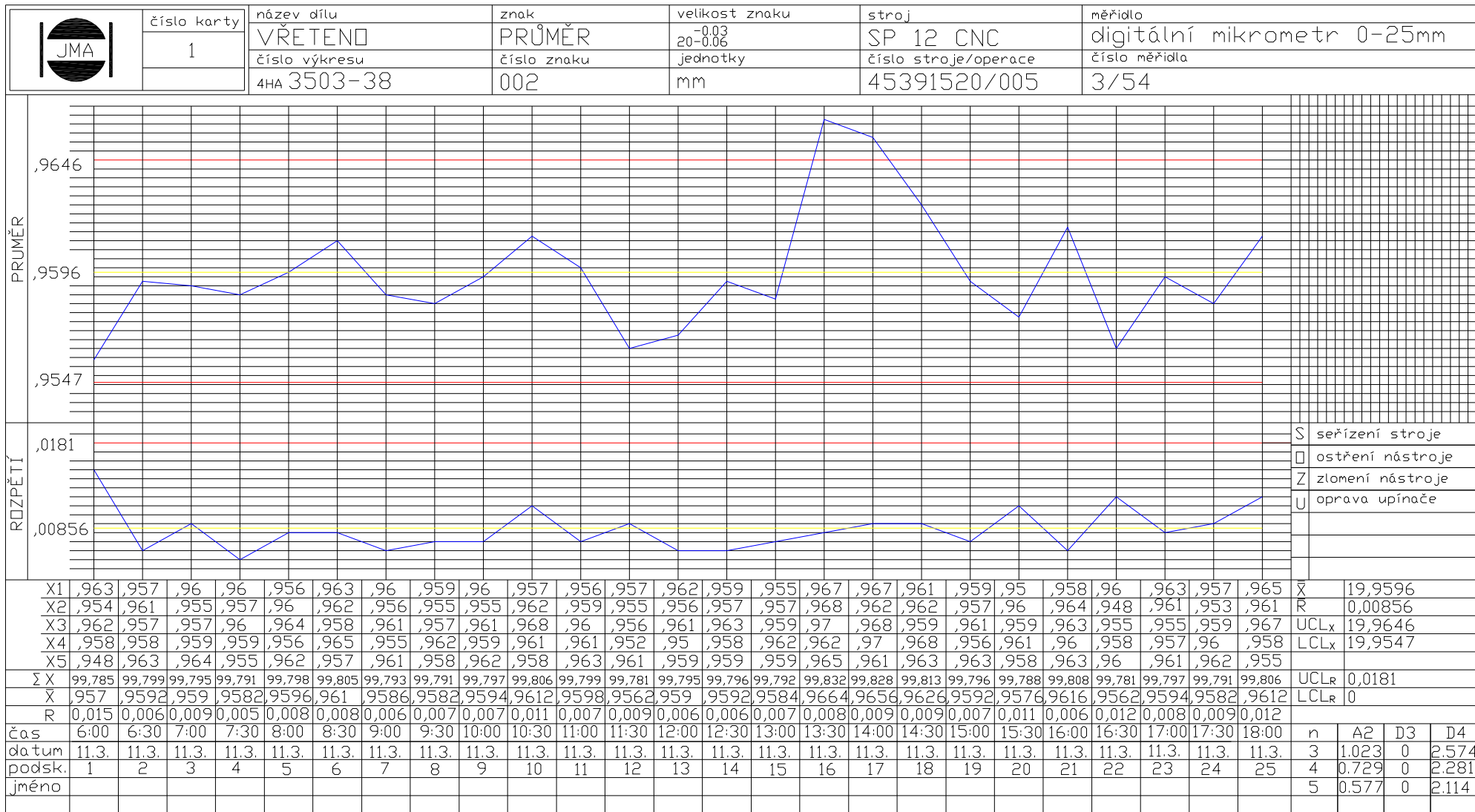
- č. 09EAA088 D Síťový adaptér 6 V
- č. 09EAA069 D Papír do tiskárny (1 rolička)


Zvláštní příslušenství

- č. 937179 T Nožní spínač
- č. 09EAA084 Signální kabel RS-232 C 1 m (9-Pin) pro připojení DP-1 VR k PC
- č. 965516 Kabel pro signalizaci dobrý/zmetek
- č. 09EAA094 Signální kabel RS-232 C 1 m (25-Pin) pro připojení DP-1 VR k zobr. jedn.
Sklenná pravítka KS/KC/KL/KLL/KA

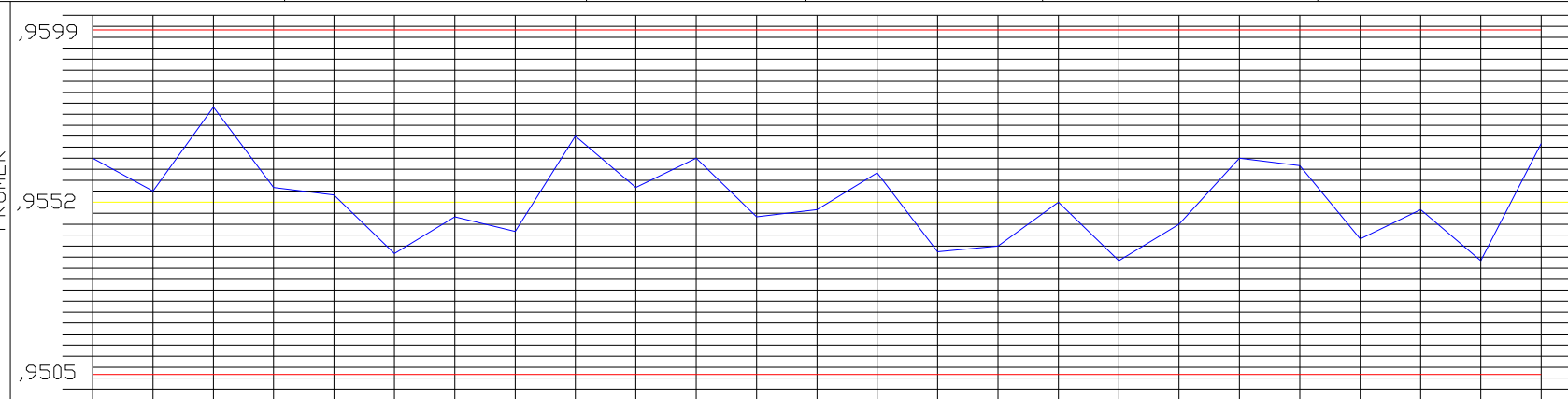
Spotřební materiál

- č. 011037 Baterie LR-6 (4 kusy)
- č. 011348 Akumulátor NI-MH (dobíjecí)
- č. 09EAA082-5 Papír do tiskárny (5 roliček)

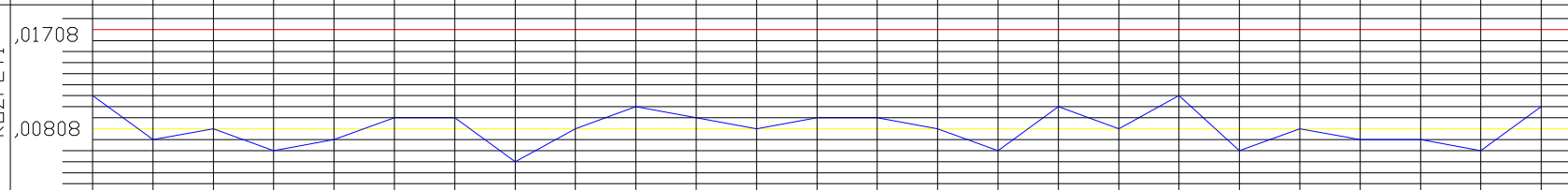


	číslo karty	název dílu	znak	velikost znaku	stroj	měřidlo
	3	VŘETENO	PRŮMĚR	-0.03 20-0.06	SP 12 CNC	digitální mikrometr 0-25mm
		číslo výkresu	číslo znaku	jednotky	číslo stroje/operace	číslo měřidla
		4HA 3503-38	002	mm	45391520/005	3/54

PRŮMĚR



RŮZPĚTÍ



S seřízení stroje

□ ostření nástroje

Z zlomení nástroje

U oprava upínače

X1	,957	,952	,958	,953	,951	,949	,96	,956	,958	,956	,957	,958	,957	,956	,958	,954	,954	,954	,957	,954	,954	,955	,953	,954	,958	\bar{X}	19,9552		
X2	,953	,955	,955	,955	,953	,958	,958	,953	,962	,952	,959	,95	,95	,962	,955	,951	,955	,957	,951	,956	,957	,958	,954	,955	,952	R	0,00808		
X3	,954	,959	,963	,957	,956	,955	,952	,956	,955	,953	,951	,956	,953	,955	,952	,957	,962	,949	,95	,955	,961	,953	,955	,956	,957	UCL _x	19,9599		
X4	,964	,955	,957	,956	,958	,952	,953	,951	,956	,955	,96	,957	,956	,953	,954	,955	,953	,95	,961	,96	,956	,954	,953	,95	,955	LCL _x	19,9505		
X5	,954	,954	,956	,959	,952	,955	,951	,956	,954	,962	,955	,953	,959	,954	,95	,953	,952	,955	,954	,957	,953	,951	,96	,953	,962				
ΣX	99,782	99,775	99,789	99,78	99,77	99,769	99,774	99,772	99,785	99,778	99,782	99,774	99,775	99,78	99,769	99,77	99,776	99,765	99,773	99,782	99,781	99,771	99,775	99,768	99,784	UCL _R	0,01708		
\bar{X}	,9564	,955	,9578	,956	,954	,9538	,9548	,9544	,957	,9556	,9564	,9548	,955	,956	,9538	,954	,9552	,953	,9546	,9564	,9562	,9542	,955	,9536	,9568	LCL _R	0		
R	0,011	0,007	0,008	0,006	0,007	0,009	0,009	0,005	0,008	0,01	0,009	0,008	0,009	0,006	0,008	0,006	0,01	0,004	0,011	0,006	0,008	0,007	0,007	0,006	0,01				
čas	6:00	6:30	7:00	7:30	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	n	A2	D3	D4
datum	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	13.3.	3	1.023	0	2.574
podsk.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	4	0.729	0	2.281
jméno																										5	0.577	0	2.114